

**Estudos Limnológicos para
Monitoramento da Bacia
Hidrográfica do Rio Miranda,
Pantanal Sul**



Diferença na coloração da água do rio Miranda e seu tributário, rio Chapeña.

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimárzzio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Dietrich Gerhard Quast

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiro

Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena T. Luz Barbosa

Diretores-Executivos

Embrapa Pantanal

Emiko Kawakami de Resende

Chefe-Geral

José Anibal Comastri Filho

Chefe-Adjunto de Administração

Aiesca Oliveira Pellegrin

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

José Robson Bezerra Sereno

Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios



ISSN 1517-1981
Dezembro, 2003

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 54

Estudos Limnológicos para o Monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, Pantanal Sul

Márcia Divina de Oliveira
Celso João Ferreira

Corumbá, MS
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pantanal

Rua 21 de Setembro, 1880, CEP 79320-900, Corumbá, MS

Caixa Postal 109

Fone: (67) 233-2430

Fax: (67) 233-1011

Home page: www.cpap.embrapa.br

Email: sac@cpap.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade:

Presidente: *Aiesca Oliveira Pellegrin*

Secretário-Executivo: *Marco Aurélio Rotta*

Membros: *Balbina Maria Araújo Soriano*

Evaldo Luis Cardoso

José Robson Bezerra Sereno

Secretária: *Regina Célia Rachel dos Santos*

Supervisor editorial: *Marco Aurélio Rotta*

Revisora de texto: *Mirane Santos da Costa*

Normalização bibliográfica: *Romero de Amorim*

Tratamento de ilustrações: *Regina Célia R. dos Santos*

Foto(s) da capa: *Márcia Divina de Oliveira*

Editoração eletrônica: *Regina Célia R. dos Santos, Élcio Lopes Sarath*

Foto da capa: *Márcia Divina de Oliveira*

1ª edição

1ª impressão (2003): formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pantanal

Oliveira, Márcia Divina.

Estudos Limnológicos para monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, Pantanal Sul / Márcia Divina de Oliveira, Celso João Ferreira – Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003.

61 p.; 28 cm (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pantanal, ISSN 1517-1981; 54).

1. Limnologia – Qualidade de água – Pantanal – Bacia do rio Miranda. I. Oliveira, Márcia Divina, Ferreira. II. Ferreira, Celso João. III. Embrapa Pantanal. IV. Título. V. Série.

CDD: 597.99 (21.ed.)

© Embrapa 2003

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	5
Área de estudo.....	8
Clima	8
Geologia e Geomorfologia.....	9
Solos e Cobertura Vegetal	11
Características Hidrológicas	12
Metodologia de coleta de dados	14
Resultados e Discussão	17
Comportamento hidrológico.....	17
Variabilidade Temporal da Qualidade da Água.....	20
Variabilidade espacial da Qualidade da Água.....	34
Variação Longitudinal no Canal Principal do Rio Miranda.....	41
Parâmetros de qualidade de água relevantes para a conservação dos recursos pesqueiros.....	49
Conclusões	56
Referências Bibliográficas	58

Estudos Limnológicos para o Monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, Pantanal Sul

Márcia Divina de Oliveira¹
Celso João Alves Ferreira²

Resumo

Neste estudo foi monitorada a qualidade d'água da bacia hidrográfica do rio Miranda, interpretada quanto a parâmetros bióticos e abióticos, objetivando fornecer dados sobre as normais ambientais que ali prevalecem para determinar os fatores relevantes para as populações de peixes, para determinar épocas ou períodos sazonais críticos quanto à atuação desses fatores a fim de estabelecer bases e subsídios para a implantação de alerta e controle de acidentes ambientais. Foram amostrados o rio Miranda, de Guia Lopes da Laguna até o rio Salobra, e os rios Santo Antonio, Nioaque, Prata, Formoso, Aquidauana, Salobra, Vermelho e Abobral, no período de junho de 1987 a fevereiro de 1989. A variação espacial na bacia define 6 fácies hidrogeoquímicas: rio Aquidauana, rios Taquaruçu e Nioaque, rio Santo Antônio e rio Miranda (à montante da cidade de Guia Lopes da Laguna), rios Formoso e da Prata, rios Vermelho e Abobral. A variação temporal dos dados mostrou que a entrada de material alóctone é maior no período chuvoso, e nas áreas de maior uso para atividades agropastoris. Os níveis obtidos para os parâmetros medidos foram aceitáveis para a classe 2 (CONAMA), embora no rio Santo Antônio houve evidência de alteração da qualidade da água, evidenciada por baixos teores de oxigênio dissolvido e por concentrações mais elevadas de nitrato e nitrogênio-kjedhal.

Termos de indexação: Limnology, water quality, dissolved oxygen and fish.

¹ Bióloga, M.Sc., Embrapa Pantanal, Cx. Postal 109, CEP 79320-900 - Corumbá, MS, galdino@cpap.embrapa.br

² *In memoriam*, Biólogo, M.Sc., Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5, CEP 13820-000 - Jaguariúna, SP.

Estudos Limnológicos para o Monitoramento da Bacia Hidrográfica do Rio Miranda, Pantanal Sul.

Abstract

The present study describes the Miranda basin water quality, as a biotic and abiotic parameters. Miranda river, from Guia Lopes da Laguna to Salobra's bridge, and in the Santo Antonio, Nioaque, Prata, Formoso, Aquidauana, Salobra, Vermelho e Abobral rivers was monitoring to characterize the environmental normal to determine the most important factors for fish population. To characterize seasonal periods for influence of this parameters and establishment rows for the implantation of alert and environments accidents control. The spatial fluctuation on limnological characteristics defined 6 hidrogeochemical groups: Aquidauana river, Taquaruçu and Nioaque rivers, Santo Antônio and Miranda rivers (before Guia Lopes da Laguna), Formoso and da Prata rivers, Vermelho and Abobral rivers. The input of external material was high during raining period, mainly in areas used for agricultural activities. The values of limnological parameters was in accordance with the legislation (class 2), although in the Santo Antonio river had been evidence to contamination of water, because was observed low concentrations of dissolved oxygen and nitrogen-Kjeldhal and nitrate were more high than other places.

Index terms: : Limnologia, qualidade de água, Pantanal, bacia do rio Miranda.

Introdução

As características químicas, biológicas e hidrológicas de um sistema fluvial são fortemente influenciadas pelo clima, geologia, geomorfologia e cobertura vegetal da região. Pode-se considerar que sob equilíbrio dinâmico esses fatores condicionam as normais ambientais naturais do sistema. Para Margalef (1983) a composição química da água depende, além das características dos ecossistemas terrestres, do seu grau de conservação e das atividades humanas exercidas em diferentes segmentos do sistema (ex. construção de represas, dejetos industriais e domésticos, drenagem de áreas alagáveis, etc.) que influenciam a qualidade da mesma.

Gibbs (1970) considera a precipitação atmosférica, o tipo de rocha dominante e os processos de evaporação/cristalização, os principais mecanismos controladores da composição química das águas de superfície do mundo. Por outro lado, para Meybeck (1984), em bacias menores a origem da composição química, principalmente dos maiores íons é a mais complexa, com influência preponderante da litologia sobre os outros elementos, os quais teriam um papel secundário, exceto para alguns nutrientes. À medida que aumenta a superfície de drenagem tende a ocorrer estabilização da composição química (Margalef, 1983) e, quanto maior a área das bacias, mais se aproximam de uma mesma composição, convergindo para o tipo bicarbonato-cálcica que representa 97% das águas continentais que chegam ao oceano (Meybeck, 1984).

Neste estudo, a qualidade d'água da bacia hidrográfica do rio Miranda foi analisada objetivando fornecer dados sobre as normais ambientais que prevalecem para determinar os fatores relevantes para as populações de peixes, as épocas ou períodos sazonais críticos quanto à atuação desses fatores e para estabelecer bases referenciais e subsídios para a implantação de alerta e controle de acidentes ambientais.

Materiais e Métodos

Área de Estudo

O conhecimento dos elementos que definem a paisagem é necessário para o entendimento dos padrões sazonais e espaciais das características da água da bacia hidrográfica do rio Miranda. A seguir encontra-se um resumo das informações disponíveis sobre clima, geologia, geomorfologia e solos da região baseados, fundamentalmente, em Brasil (1974, 1979, 1982a, 1982b), Alvarenga et al. (1984) e Mato Grosso do Sul (1988 e 1989).

Clima

Tomando como referência a classificação climática fornecida por Brasil (1979), o trecho inferior da bacia do rio Miranda está sob a influência de um clima subúmido seco megatermal. Por outro lado, o trecho superior do rio Aquidauana pode ser enquadrado no tipo subúmido megatermal, enquanto o trecho superior do rio Miranda enquadra-se no úmido mesotermal.

Cadavid Garcia & Rodrigues Castro (1986), com base em 81 séries de registros diários de chuva, dividem a Bacia do Alto Paraguai em cinco sub-áreas geográficas homogêneas quanto à distribuição sazonal mensal da chuva. O trecho superior do rio Miranda (da cabeceira à confluência com o rio Formoso) faz parte do grupo V, onde acidentes orográficos e as massas polares da Antártica talvez tenham efeitos significativos na distribuição sazonal mensal da chuva, com período de estiagem bastante reduzido, quando comparado com as outras sub-áreas. O rio Aquidauana e o trecho à jusante da confluência deste com o rio Miranda faz parte do grupo II, definido como subúmido megatérmico sendo dezembro, janeiro e fevereiro os meses mais chuvosos. O restante da bacia é enquadrado no grupo IV, que parece ser uma área climática de transição, com redução da estiagem no período de maio a julho e maior quantidade de chuvas em novembro, dezembro, janeiro.

Somando-se as médias mensais fornecidas por Cadavid Garcia & Rodriguez Castro (1986) observa-se que o grupo II e V recebem quantidades de chuva similares (1.400,0 e 1.440,4 mm, respectivamente), superiores ao que recebem o grupo IV (1.198,3 mm). Considerando que o rio Aquidauana estaria totalmente inserido no grupo II e o trecho superior do rio Miranda no grupo V, ambos os sistemas receberiam anualmente uma mesma quantidade de chuvas, embora no último elas estariam mais distribuídas ao longo do ano, enquanto que no rio Aquidauana estariam concentradas nos meses mais chuvosos.

Através da análise dos dados de temperatura média mensal para o período de 1945/1960 na cidade de Aquidauana (Brasil 1979), observa-se que o período mais frio ocorre de maio a agosto, com mínimo em julho (20,5 °C), enquanto que o período mais quente ocorre de dezembro a fevereiro com um máximo em janeiro (27,0° C), resultando em uma diferença sazonal média de 6,9 °C.

Geologia e Geomorfologia

Segundo Alvarenga et al. (1984) a Bacia do Alto Paraguai apresenta três unidades fisiográficas distintas: planaltos, depressões e pantanais.

Na bacia do rio Miranda as partes altas estão representadas pelos planaltos da Bodoquena e Maracajú-Campo Grande. O primeiro abrange litologia do Complexo Rio Apa na borda ocidental e, Grupo Corumbá na borda oriental, que mantém contato com o rio Miranda. O Grupo Corumbá é representado pela formação Bocaina que ocupa a maior parte do relevo serrano, com superfície bastante dissecada em forma de topo convexo de pequena dimensão, onde predominam calcários dolomitos e mármore. A formação Cerradinho (Grupo Corumbá) corresponde a trechos de relevos mais conservados em superfícies pediplanadas rampeadas onde predominam arcóseos, arenitos, folheados e siltitos. O planalto da Bodoquena é a área de cabeceira dos rios Salobra, Prata, do Peixe e Formoso, afluentes da margem esquerda do rio Miranda (Brasil, 1982b).

O planalto de Maracaju-Campo Grande constitui-se em extensa superfície suavemente dissecada, onde predominam formas tabulares muito amplas e trechos conservados; secundariamente, ocorrem formas de dissecção de topo convexo. Nas bordas configuram-se frentes de cuesta, sendo bem nítidas em alguns trechos e mascaradas pela atividade erosiva de dissecção em outros. A área de influência sobre o sistema Miranda-Aquidauana é constituída, basicamente, pelas formações Aquidauana-Botucatu e Serra Geral.

A Formação Serra Geral ocupa a área mais alta do sistema, onde nascem (trecho superior) os afluentes da margem esquerda do rio Aquidauana e as cabeceiras dos rios Nioaque, Santo Antônio e Miranda cursos d'água estes, em geral, seqüentes ou anaclinais. Predominam rochas efusivas básicas, arenitos intertrapeados e diques de diabásio. Contudo, nos afloramentos, os basaltos estão freqüentemente semi-alterados com coloração amarelo-esverdeada e foliação esferoidal, formando matacões comumente arredondados.

A formação Botucatu, apesar de ser reconhecida como uma unidade estratigráfica para a região, apresenta poucos afloramentos bem característicos, constituídos em geral, de arenitos quartzosos com típicas

estratificações cruzadas eólicas de pequeno e grande porte. Os arenitos mostram-se como extensos chapadões arenosos totalmente desagregados originando solos areno-argilosos. Praticamente todo o trecho superior do rio Aquidauana, até receber o ribeirão Ceroula e seus tributários, a exceção das cabeceiras, estão dentro desta formação, com o rio Aquidauana correndo paralelo à direção das camadas. Devido à fragilidade característica das rochas que compõem a formação e dos declives dos cursos d'água, esta pode ser considerada como de forte potencial de contribuição de carga sólida para o sistema. A formação abrange também os trechos médios dos afluentes da margem esquerda do rio Aquidauana e do rio Nioaque e seu afluente, o rio Canindé (Brasil 1982b; Alvarenga et al., 1984).

Outra unidade estratigráfica de relevância no planalto de Maracaju-Campo Grande é a formação Aquidauana que apresenta, como as anteriores, relevo custeiforme com desnível chegando a 200 m. Ocorrem grandes trechos de relevos conservados juntamente com relevos de dissecação de topo tubular. Na porção mais setentrional da bacia, o relevo é mais escarpado apresentando patamares escalonados e mais ao sul o relevo é mais colinoso ou aplainado, sendo raros os afloramentos bem preservados e elucidativos; estas diferenças podem resultar de diferentes estádios de decomposição. Na formação identificam-se três conjuntos litológicos mas, em geral, pode-se considerar composta predominantemente por sedimentos arenosos vermelho-roxeados e avermelhados (refletindo deposição em ambiente continental com intercalações de clásticos finos (siltitos e folhelhos) e grosseiros (conglomerados e diamictitos). Abrange o trecho do rio Aquidauana que vai do ribeirão Ceroula até a cidade de Aquidauana quando numa abertura epigênica entra no domínio dos pantanais e o trecho médio inferior do rio Taquaruçu. Mais ao sul é drenado pelo rio Nioaque (trecho médio-inferior) e pelo rio Miranda desde o encontro com o rio Santo Antonio até receber o rio Formoso. Deste ponto até o rio Nioaque, o Miranda corre entre duas unidades distintas: a formação Aquidauana, pela margem direita e o grupo Cuiabá, pela margem esquerda (Brasil 1982a; 1982b; Alvarenga et al. 1984).

O Grupo Cuiabá (Pré-Cambriano) ocorre na seção oriental da depressão do rio Paraguai, conhecida também por depressão periférica do Miranda. A altimetria varia de 100 a 200 m apresentando morfologia variada, desde formas conservadas a dissecadas do tipo tabular e convexa. Os micaxistos são as rochas predominantes.

Secundariamente, ocorrem filitos, ardósias metagrauvascas, metaconglomerados, calcários, mármore e quartzitos. A origem das depressões e as formas de relevo estão associadas a movimentos tectônicos e à intensa atividade erosiva. Atualmente, a depressão vem se abrindo por erosão regressiva provocada pelo rio Miranda no seu trecho médio, juntamente com seus tributários Formoso, Peixe e Prata (Brasil 1982a;1982b).

Todo o trecho do rio Aquidauana à jusante da cidade de Aquidauana e do rio Miranda à jusante da cidade de Miranda, drenam áreas baixas (pantanais) ocupadas pela formação Pantanal, que constitui-se, principalmente, de sedimentos arenosos, siltico-argilosos e argilosos, inconsolidados e semiconsolidados, podendo conter alguma matéria orgânica. Esta formação foi depositada e ainda se deposita no ambiente flúvio-lacustre periodicamente alagável (Brasil, 1982b).

Solos e Cobertura Vegetal

No planalto de Maracajú-Campo Grande predominam os Latossolos Roxo e Vermelho-Escuro, embora no trecho superior do rio Miranda e do Nioaque ocorram grandes extensões de Areias Quartzosas. Na borda ocidental do planalto são encontrados solos Litólicos na porção setentrional e Podzólico Vermelho-Amarelo na porção meridional. Do ponto de vista botânico, o domínio é de cerrado quando não há interferência antrópica. Em alguns cursos d'água (rios Taquaruçu e Dois Irmãos) ocorrem solos Glei Pouco Húmicos.

No planalto da Bodoquena predomina solo calcário, do tipo Rendzina, sobre a formação Bocaina com cobertura de floresta e, sobre a Formação Cerradinho predomina vegetação de cerrado sobre Podzólico Vermelho-Escuro.

O cerrado é também a cobertura dominante na depressão do Paraguai na região da bacia do rio Miranda, ocorrendo secundariamente Cerradão, Campo Cerrado e Campo Limpo. Os solos predominantes são Latossolos Vermelho-Escuro e Regossolo com algumas manchas de Brunizém Avermelhado e Podzólico Vermelho Escuro.

Na região do Pantanal ocorrem Podzólico Vermelho-Escuro e Planossolo eutrófico solódico na área entre os rios Miranda e Aquidauana com cobertura de Campo Sujo e Campo Limpo. Na margem direita do Aquidauana, em contato com o rio Negro, ocorre Campo Sujo sobre Planossolo eutrófico. No trecho mais à jusante, predomina Vertissolo com Solonetz Solodizado e Planossolo Eutrófico com cobertura que vai de Campo Sujo a Campo Cerrado e Vegetação Chaquenha.

Junto aos cursos principais dos rios Aquidauana e Miranda ocorrem solos Glei Pouco Húmicos eutróficos que sustentam uma Floresta Estacional Decidual Aluvial. As informações foram obtidas de Brasil (1982a; 1982b) e Mato Grosso do Sul (1988 e 1989).

Características Hidrológicas

A bacia hidrográfica do rio Miranda, incluindo o rio Aquidauana, tem área de drenagem de 47.000 km² (Carvalho, 1986). Contudo, a área que realmente contribui com descarga líquida para o sistema está em torno de 35.570 km² (Brasil, 1974) (Tabela 1). A área restante corresponde à parte baixa do sistema (Pantanal) onde, supõe-se que a contribuição superficial para os canais principais seja desprezível.

Tomando como referência a altitude, a declividade média e a descarga média específica, podemos considerar como trechos superiores da bacia, toda a área à montante da cidade de Aquidauana e à montante da Ponte MT-738, incluindo aqui outro tributário importante, o rio Nioaque com 190 km de extensão. Esta área corresponde a 76% daquela de efetiva contribuição e 57% da área total. Brasil (1974) fornece dados de descarga média específica para os anos hidrológicos de 1970 e 1971 (Tabela 1), os quais, provavelmente, não correspondem ao que poderia ocorrer em um período de tempo mais longo, porém permitem comparações ao longo do sistema. As contribuições à jusante do trecho superior são muito pequenas (0,31 a 0,40 L/s/km²) sendo passível de serem compensados por evapotranspiração. Deste modo, a descarga líquida dos trechos médio e inferior do sistema é praticamente mantida pela contribuição do trecho superior.

O rio Miranda, até a ponte MT-738, apresenta vale estreito com encostas íngremes descrevendo meandros freqüentemente (Brasil, 1974). Entretanto, é comum observar, no período de seca, ilhas e bancos formados por material que varia de areia a cascalho grosso/matacão (escala de Attemberg apud Penteado, 1978). Considerando a abundância desse material grosseiro que, muito provavelmente, é transportado por arrasto ou saltação e as características do leito aberto e raso, o rio Miranda neste trecho parece apresentar um canal do tipo anastomosado, como definido por Penteado (1978).

O rio Aquidauana, juntamente com seus tributários, possui cabeceira em relevo de 700 m de altitude, o que resulta em forte declividade (Brasil, 1982b). O rio corre sobre fundo de vale com cerca de 1 km de largura, enquanto a seção molhada nas grandes enchentes atingem 200 m (Brasil, 1974), formando, freqüentemente, corredeiras. O trecho médio deste rio (aqui definido como zona de transição entre partes altas e pantanais) não está bem representado, devido ao fato de o rio deixar abruptamente o planalto de Maracajú - Campo Grande e penetrar em terras baixas do Pantanal. Esta mudança abrupta pode ser comprovada pelos dados de declividade média observados na Tabela 1.

Tabela 1. Distância ao longo do rio, área de captação, declividade média e descarga média específica (D.M.E.) em diferentes trechos que compõem a bacia do rio Miranda.

RIO/TRECHO	DISTÂNCIA (km)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (km ²)	DECLIVIDAD E MÉDIA (cm/km)	D.M.E. ** (L/s/km ²)
RIO AQUIDAUANA	653	15.700		
Nascente- Palmeiras	237	11.200	226,66*	3,8
Palmeiras- Aquidauana	49	4.000	59,00	2,1
Aquidauana- P. Ciriaco	245	500	12,28	-
P. Ciriaco- Miranda	122	-	10,12	-
RIO MIRANDA	815	17.230		
Nascente - MT738	290	11.820	126,32*	3,6
MT 738 - Miranda	165	3.640	14,70	0,4
Miranda- Tição de Fogo	156	750	10,33	0,31
T. de Fogo - Aquidauana	27	400	6,63	-
T. de Fogo - Vaz Agachi	ND	620	ND	ND
Aquidauana- Paraguai	177	-	6,64	
RIO SALOBRA	ND	2.640	ND	ND

Fonte: Brasil (1974).

*Declividade estimada considerando altitudes de 700m para nascente do rio Aquidauana e 500 m para a cabeceira do rio Miranda.

**Anos hidrológicos de 1970 e 1971,

ND: não há informação – contribuição desprezível

O rio Miranda, correndo sobre a depressão do Paraguai, desenvolve um gradiente mais suave entre os extremos de relevo (trecho médio). Este é identificado no curso entre a Ponte sobre a MT-738 e a cidade de Miranda. O rio apresenta-se, ainda, encaixado com encostas íngremes, porém, o fundo do vale é mais largo que à montante (Brasil, 1974).

Observações de campo evidenciaram bancos areno/cascalhosos colonizados por vegetação conhecida por “Sarã” e desvios de cursos formando braços próximos à cidade de Miranda. Neste trecho o rio recebe pequenos tributários, alguns com nascente nas escarpas do planalto da Bodoquena, mas com contribuições muito pequenas de descarga líquida (Tabela 1).

Na área de Pantanal, no trecho inicial (Aquidauana – Porto Ciriaco e Miranda – Tição de Fogo) as contribuições, em geral, são compensadas por evapotranspiração, perda para a planície por transbordamento e/ou formação de corixos e vazantes. No rio Miranda a drenagem é convergente pela margem esquerda e divergente pela margem direita. De modo geral, se há ganho ou perda de vazão, isto parece estar associado a uma diferença devido ao transbordamento e à formação de corixos, vazantes e braços, permitindo troca de água deste sistema com os rios Negro, Abobral e Paraguai. Esta rede de drenagem favorece o escoamento das águas durante as cheias (Brasil, 1974; Brasil 1982a). Nesse trecho o curso é meandrante com o canal principal encaixado, podendo apresentar barrancas de até 4,0 m de altura, como observado em campo, na fase hidrológica de seca.

Segundo Brasil (1974), tanto a água de subsolo no aluvião como a água subterrânea no Grupo Corumbá (Calcários e Dolomitos) contribuem pouco para a hidrologia de superfície na região do Pantanal. A bacia do rio Miranda, entre as que compõem a bacia do Alto Paraguai é, segundo o mesmo autor, a única que apresentou perda aparente maior que 1.200 mm em um período hidrológico (interanual) seco, indicando uma baixa contribuição de água do subsolo. A bacia apresentou também as menores relações de deflúvio/precipitação, cerca de 8% no rio Miranda, em Miranda e 9% no rio Aquidauana.

Metodologia de Coleta de Dados

O sistema Miranda-Aquidauana foi amostrado bimestralmente nas seguintes estações (Fig.1):

- 26 – rio Miranda/Guia Lopes da Laguna – abr/88 a fev/89
- 07 – rio Miranda/Fazenda Adriana – dez/87 a fev/89
- 18 – rio Miranda/montante da cidade Miranda – fev/88 a fev/89
- 22 – rio Miranda/ponte do rio Salobra (BR 262) – fev/88 a fev/89
- 06 – rio Miranda/Morro do Azeite – ago/87 a fev/89
- 03 – rio Miranda/Passo do Lontra – jun/87 a fev/89
- 27 – rio Santo Antônio/foz – dez/88 a fev/89
- 16 – rio Nioaque/foz – fev/88 a fev/89
- 02 – rio Vermelho/foz – jun/87 a fev/89
- 20 – rio Salobra/foz – fev/88 a fev/89
- 02 – rio Vermelho/foz – jun/87 a fev/89
- 12 – rio Aquidauana/à jusante da cidade de Aquidauana – dez/87 a fev/89
- 08 – rio Taquaruçu/foz – dez/87 a fev/89
- 14 – rio Abobral/ponte MT-184 – dez/87 a fev/89

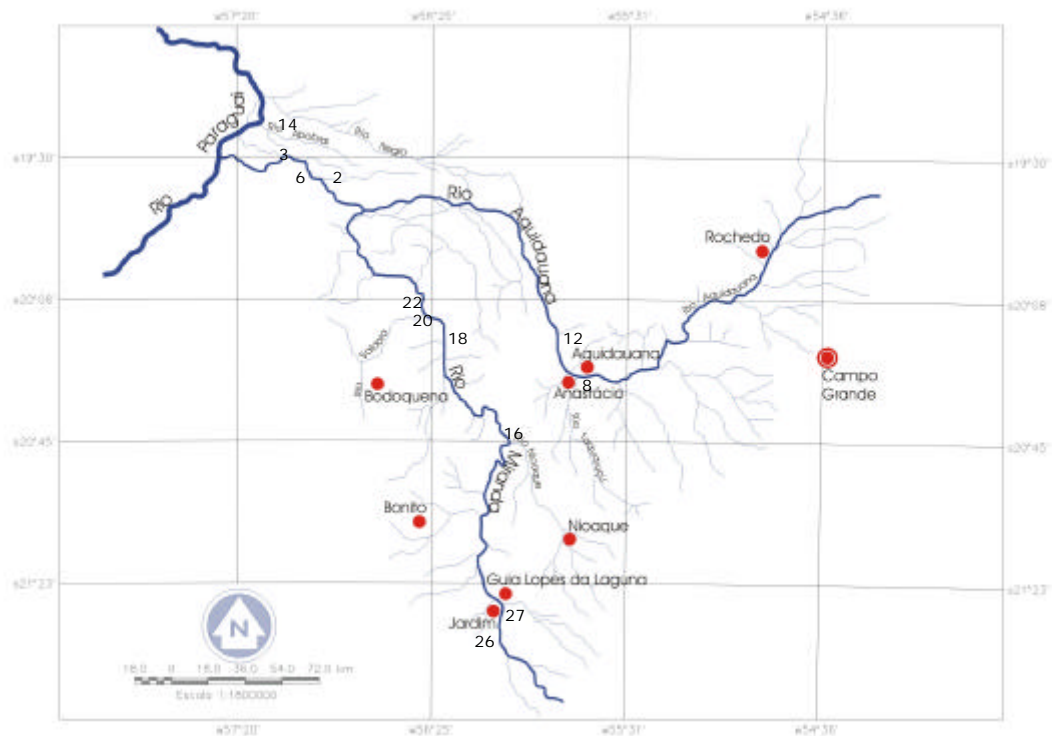


Fig. 1. Mapa da bacia do rio Miranda com a localização das estações de amostragem.

No campo foram medidas as seguintes variáveis: temperatura da água e do ambiente (termômetro a álcool graduado a 1°C), pH (pHmetro de campo), condutividade elétrica (condutivímetro de campo, correção para 25°C), transparência da água (disco de Secchi), alcalinidade (método colorimétrico descrito em Mackereth et al., 1978), oxigênio dissolvido (oxigenômetro e método de Winkler (Golterman et al., 1978)).

As amostras foram coletadas à superfície com garrafa de Van Dorn ou diretamente em frascos de polietileno e separadas em duas porções. A primeira era filtrada em campo, usando filtros Millipore AP40, os quais eram armazenados secos, em papel alumínio e depositados em frascos de vidro com sílica até análise da clorofila *a*, por extração com acetona 90% (Golterman et al., 1978). Do filtrado foram analisados no Laboratório de Limnologia do CPAP: nitrato (método colorimétrico sulfanilamida), sulfato (turbidimétrico), fósforo reativo solúvel (azul de molibdênio) e alumínio segundo Golterman et al. (1978), amônia (azul de idofenol) segundo Koroleff (1976), nitrato (redução por cádmio) segundo Mackereth et al. (1978) e cloreto (argentométrico), sílica reativa, sódio e potássio (fotometria de chama), cálcio, magnésio, ferro total, cobre zinco e manganês (espectrofotometria de absorção atômica) segundo APHA (1985). A segunda porção foi acidificada, em campo, com 2 ml de H₂SO₄ concentrado (PA) e analisado quanto ao teor de sólidos em suspensão, sólidos voláteis, nitrogênio Kjeldhal (APHA, 1985) e fósforo total (Golterman et al., 1978).

As informações de cota, com base em dados diários, foram obtidas junto ao Departamento Nacional de Obras e Saneamento nos postos de medição:

- Palmeiras/rio Aquidauana – jan/66 a fev/89
- Aquidauana /rio Aquidauana – fev/68 a fev/89
- Porto Ciriaco/rio Aquidauana – dew/68 a jun/89 - incompleto
- Ponte MT 738/rio Miranda – nov/69 a fev/89
- Miranda/rio Miranda – nov/69 a fev/89
- Tição de Fogo/rio Miranda – nov/68 a ago/88 - incompleto

Resultados

Comportamento Hidrológico

Os perfis de cotas diárias para o período do trabalho, nos anos hidrológicos de 1987, 1988 e 1989 (Figs.2a e 2b) não apresentam as fases hidrológicas de enchente, cheia, vazante e seca bem definidas. Isto era esperado, dada às características de declividade e da forma do canal dos rios nas áreas de planalto, as quais respondem de forma rápida (pontas de cheia) às chuvas, não favorecendo a acumulação da água. No posto MT-738 o perfil mostra um nível estacionado em torno de 100 cm, o qual em determinados momentos é perturbado, formando picos (pontas de cheia) de curta duração. Observa-se que há maior concentração destas perturbações durante a época do ano de maior incidência de chuvas.

Em Miranda, as pontas de cheia correspondem àquelas observadas mais à montante, porém, apresentam duração maior. Neste ponto o perfil já mostra um início de definição de fases hidrológicas, as quais tornam-se mais nítidas, à jusante, em Tição de Fogo.

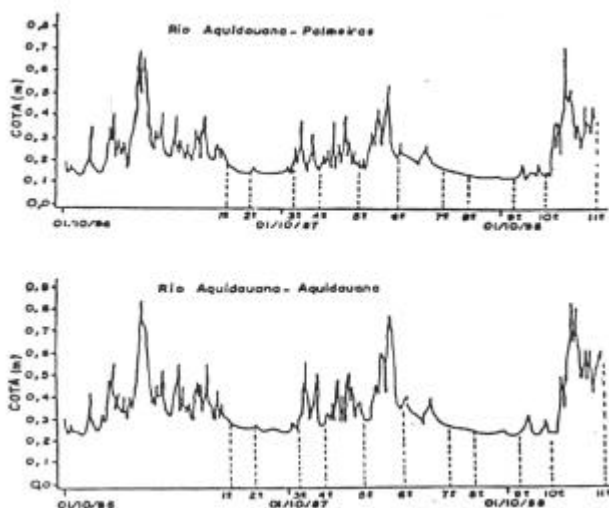


Fig. 2a. Fluviogramas de cotas diárias obtidos em postos hidrométricos do rio Aquidauana, de 01/10/86 a 28/02/89

Os perfis do rio Aquidauana parecem ser intermediários àqueles de MT-738 e Miranda, com as pontas de cheia concentrando-se no período chuvoso sem um nível de base definido. Por outro lado, as pontas possuem menor duração que em Miranda e o esboço de fases hidrológicas é, também, menos perceptível.

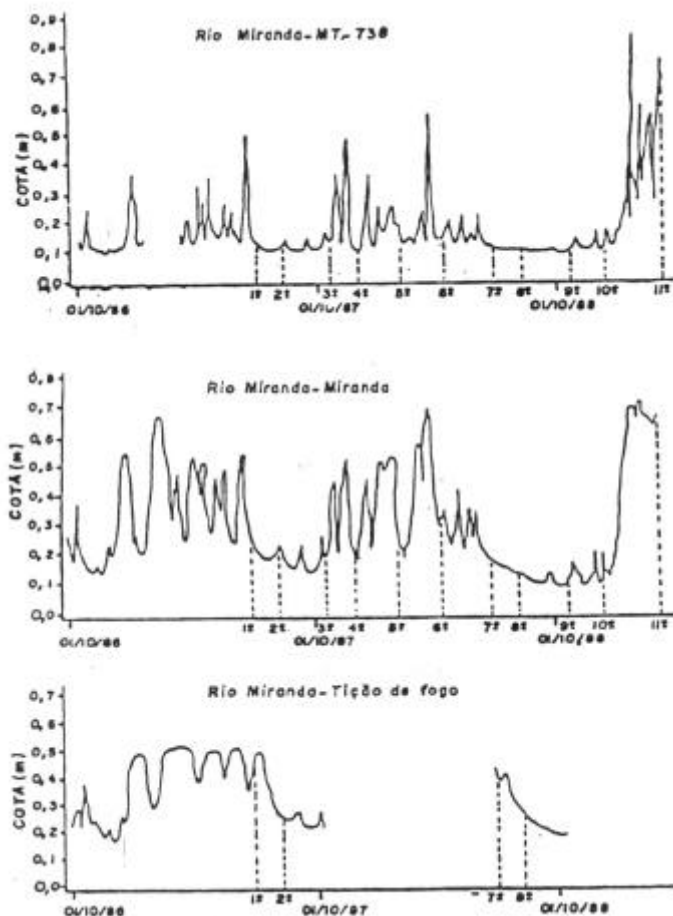


Fig. 2b. Fluviogramas de cotas diárias obtidos em postos hidrométricos do rio Miranda, de 01/10/86 a 28/02/89

O número de pontas de cheia nos anos hidrológicos de 1987 e 1988 estão próximos ao mínimo observado por Brasil (1974) no período de 1966 a 1972.

As séries históricas de cotas diárias de cada posto de medição foram transformadas em médias mensais. Os resultados estão apresentados na Fig. 3, onde observa-se a curva correspondente às médias e os respectivos intervalos de confiança calculados, para os quais há 95% de chance de que contenham as médias populacionais. Estes perfis têm o mesmo conteúdo de informação que aqueles de cotas diárias, porém, permitem comparações e interpretações da dinâmica nos diferentes segmentos da bacia. Uma diferença importante deste tipo de análise em relação a anterior é o aparecimento, de forma clara, das fases hidrológicas.

É perceptível uma defasagem de cerca de um mês entre as seções de medição no que diz respeito às maiores cotas observadas. O máximo médio mensal ocorre entre dezembro e janeiro no trecho mais à montante (superior) e entre fevereiro e março nas seções mais à jusante. A pouca diferença entre Palmeira e Aquidauana deve-se ao fato de estarem muito próximas (Tabela 1). Entre a confluência dos rios Aquidauana e Miranda e a foz do último não há postos de medição, porém, espera-se que haja um padrão hidrológico distinto neste trecho, visto que, além do volume de água drenado da bacia à montante, o sistema realiza trocas com a planície e com os rios Abobral e Negro. Para Adámoli (1986), o rio Paraguai em sua fase de máxima inundação, geralmente entre maio e junho, represa o rio Miranda, provocando um novo transbordamento das águas deste por sobre a planície.

Uma peculiaridade desta bacia diz respeito a uma cota média mensal em maio, maior que em abril. Isto foi observado por Brasil (1974), no período de 1966-72, que chamou de máximo secundário, sugerindo a hipótese de que, em períodos mais úmidos, este máximo poderia tornar-se mais importante. Nesse caso verifica-se que o rio Miranda apresentou um padrão de inundação do tipo "bimodal". Por ser esta característica mais conspícua no canal à montante, supõe-se que seja resultado da atuação do clima reinante neste trecho da bacia. Isto pode ser reforçado pelos dados de Cadavid Garcia & Rodrigues Castro (1986), como já comentado no item 5.2.1, em que a parte superior da bacia do rio Miranda está sob um regime de chuvas caracterizado por um período de estiagem bem reduzido e com o mês de maio mais chuvoso que abril.

As cotas médias mensais durante o período de trabalho (anos hidrológicos de 1987, 1988 e 1989), no rio Aquidauana (Palmeiras e Aquidauana) foram maiores, isto é, fora do intervalo de confiança, nas fases hidrológicas de cheia e vazante. Apesar dos perfis serem similares, mostrando inclusive o máximo secundário de maio, houve variações no mês de maior cota média, fevereiro em 87, março em 88 e janeiro em 89. Por outro lado, durante a fase de enchimento dos anos de 87 e 89, as cotas estiveram abaixo do esperado,

evidenciado também, na Fig. 2a. No rio Miranda, os anos de 87 e 88 mostraram-se irregulares nas fases de enchimento e cheia e valores acima do esperado na fase de vazante. Em 1987, o máximo ocorreu em fevereiro após um valor extremamente baixo. Comportamento similar ocorreu no ano de 1988, porém, o máximo foi em março, após média extremamente baixa em fevereiro. O ano de 1989 foi bem mais seco do que o esperado na fase de enchimento e com pico em fevereiro (Fig. 2b).

De modo geral, os perfis são semelhantes entre os dois sistemas podendo apresentar mudanças nos meses de maior cota média. Os dados para os postos de medição mais à jusante (Tição de Fogo e Porto Ciriaco) estão incompletos, dispondo, para comparação, apenas o ano de 87, que foi mais seco do que o esperado nas fase de enchimento e mais cheio do que o esperado na fase de vazante (Fig. 3).

O rio Abobral é um tributário do rio Paraguai, responsável pela drenagem parcial das águas que extravasam ou são perdidas para a planície, via corixos e vazantes, pela margem direita do Miranda-Aquidauana. O sistema tem todo o curso dentro da planície apresentando um canal bem definido, porém, com uma vazão intermitente, o que resulta

em um comportamento hidrológico um pouco distinto do observado para o restante da bacia do rio Miranda. Não há postos de medição, porém, observações de campo mostraram que a fase de cheia coincide com a da parte baixa do rio Miranda e, ao longo das fases de vazante e seca, o sistema tende a transformar-se de ambiente lótico para lântico, resultando no período mais seco, geralmente novembro e dezembro, em uma série de pequenas poças d'água interligadas sem movimento horizontal perceptível.

As coletas realizadas, bimestralmente, correspondem todas a momentos em que o rio esteve com nível baixo nas estações mais à montante, com exceção da última coleta (11a), a qual coincidiu com uma ponta de cheia de grande intensidade. A 4a. e 5a. coletas foram realizadas entre duas pontas de cheias de grande intensidade, enquanto ue a 1a. e a 6a. coletas foram efetuadas após uma grande ponta de cheia (Figs. 2a e b).

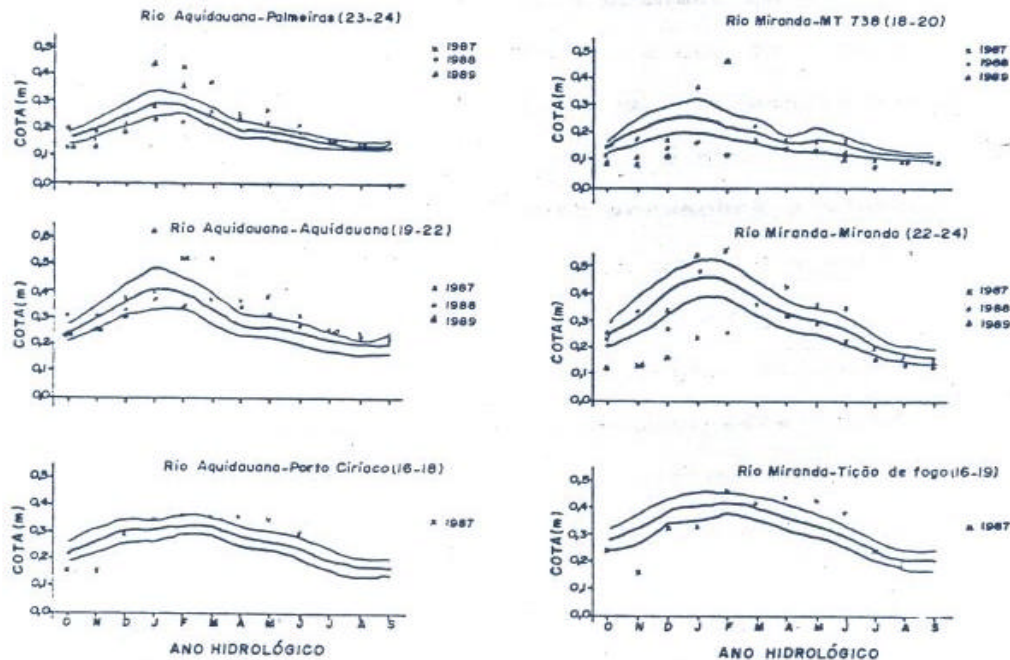


Fig. 3. Cotas hidrométricas médias mensais com o respectivo intervalo de confiança para o qual há 95% de chance da média estar incluída, para os rios Aquidauana e Miranda. Entre parênteses encontra-se o número de anos que corresponde à série histórica.

Pelos registros do rio Paraguai, em Ladário, no ano de 1988 foi registrada a maior cheia desde 1905. Entretanto, é difícil saber se também ocorreu o mesmo para a parte baixa da bacia do rio Miranda, onde não há registros. Por outro lado, em trabalhos de campo realizados em 1988, observou-se que o rio Miranda transbordou desde o morro do Azeite até o passo do Lontra, inundando até locais razoavelmente elevados como o retiro do Marimbondo (Fazenda Bodoquena). Isto resultou também em uma comunicação superficial das águas deste rio com aquelas do rio Abobral, por uma grande extensão.

Variabilidade Temporal da Qualidade da Água na Bacia do Rio Miranda

O intervalo amostral utilizado, viável sob o ponto de vista estratégico de campo e laboratorial, pode favorecer à detecção de padrões, porém, a não observância de padrões destes poderia ser explicada sob determinadas situações. Algumas variáveis que regem o sistema podem apresentar variações dentro de um intervalo amostral da mesma magnitude ou maior que o observado entre os intervalos, como é o caso das vazões no trecho superior da bacia. Entretanto, parâmetros sob ação destas forças ocorridas (no exemplo fornecido acima apesar da grande variação dentro de um intervalo amostral os pontos de cheia concentram-se em um período definido) resultam em sazonalidade. Outros parâmetros podem ser dependentes de variáveis de estado como o metabolismo interno ou a capacidade de autodepuração e, desse modo, não respondem diretamente às variações das entradas externas. As atividades antrópicas atuam no sistema como funções de força, porém, podem apresentar períodos definidos em função de condições climáticas (atividades agropastoris) ou responder a outras necessidades (despejos industriais). No último caso, pode gerar uma distribuição temporal do tipo “errático” na qual é difícil detectar sazonalidade ou ciclicidade.

Como resultado da forma como são transportadas as substâncias ao longo dos rios, as variáveis estudadas podem ser divididas em 3 grupos:

- a) substâncias dissolvidas – oxigênio dissolvido (OD), fósforo reativo solúvel (ORT), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3), amônia (NH_3), sílica solúvel (SiO_3), sulfato (SO_4), cloreto (Cl), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu) e alumínio (Al);
- b) substâncias particuladas – clorofila *a* (Cl-a), sólidos em suspensão (SS) e matéria orgânica particulada (MOP);

c) substâncias dissolvidas e particuladas – fósforo total (PT) e nitrogênio Kjeldhal (NK).

Esta tipologia é importante pois, auxilia na interpretação dos padrões observados. Além das variáveis mencionadas, foram realizadas outras medidas indiretas de substâncias dissolvidas como potencial hidrogeniônico (pH), alcalinidade total (ALC) e condutividade elétrica - CND) e os parâmetros físicos (temperatura da água (TAG) e transparência por disco de Secchi (DS).

A temperatura da água apresentou sazonalidade bem definida (Fig. 4a), refletindo o padrão térmico sazonal climático da região. A condutividade elétrica apresentou menores valores entre fevereiro e abril e maiores em outubro (Fig. 4a). O fator que melhor parece explicar tal padrão é a diferença no regime hidrológico entre a parte alta e baixa. Os mínimos observados na 6a. e 11a. coletas na parte alta podem resultar de ocorrência de pontas de cheia de grande intensidade neste período. Um bom ajuste linear foi obtido entre a condutividade elétrica e a alcalinidade total para o sistema com um todo:

$$\text{CND } (\mu\text{S/cm}) = 23,596 + 81,285 \text{ ALC } (\text{meq/L}) \quad (r = 0,9417; n = 134).$$

Deste modo, espera-se um padrão de variação temporal para alcalinidade total semelhante ao da condutividade elétrica. Segundo Margalef (1983) boa correlação positiva entre estas variáveis é indicativo de que a fração aniônica mais importante é constituída de ácidos fracos, principalmente o bicarbonato.

Nos perfis de oxigênio dissolvido observa-se uma sazonalidade bem definida no trecho inferior, com os menores valores ($< 2,0 \text{ mg/l}$) ocorrendo entre fevereiro e abril (Fig. 4b), com amplitude de variação anual de cerca de $5,0$ a $6,0 \text{ mg/l}$. No trecho superior da bacia, a amplitude observada é menor ($= 3,0 \text{ mg/l}$), com valores um pouco inferiores ao de saturação, à exceção de dezembro, quando sofreu pequena diminuição. Isto pode ser explicado pela entrada de material alóctone no sistema provocando um consumo deste gás. Nas estações 18, 20 e 22, os perfis são intermediários, mostrando forte interação entre as condições hidrológicas e os perfis temporais observados. A diminuição do OD em fevereiro e março está associada à fase de cheia neste trecho, quando aumenta o consumo por decomposição da matéria orgânica acumulada na planície. Este fenômeno já foi observado em outras regiões pantaneiras (Resende et al., 1990; Silva, 1990a), bem como em outras planícies fluviais (Welcome, 1985). A supersaturação observada em dezembro de 1989 no rio Abobral deve-se à condição hidrológica do momento em que o sistema funcionava como um ambiente lântico.

As maiores concentrações de clorofila *a* ocorreram em outubro e dezembro no trecho médio-inferior, coincidindo com altos valores de sólidos em suspensão (Fig. 4 b,c). Por outro lado, o mínimo ocorreu quando foi maior a transparência

da água, sugerindo que o fator concentração/diluição é mais atuante que a luz no padrão observado. É importante salientar, entretanto, que no período de maiores concentrações havia maior disponibilidade de fósforo e silicato reativo solúvel (Fig. 4f), nutrientes estes que favorecem o desenvolvimento algal.

Nos sólidos em suspensão verifica-se tendência à sazonalidade, (Fig. 4c). No trecho superior dos rios Miranda (estação 07), Aquidauana (estação 12) e Nioaque (estação 16) o máximo ocorre entre dezembro e abril e o mínimo entre agosto e outubro. Segundo Webster et al., (1987) apud Lewis & Saunders (1989) os padrões sazonais na concentração de material particulado total podem ser explicados parcialmente pelas mudanças sazonais em energia cinética, aplicada a suspensão e ao transporte de sólidos. Contudo, em sistemas perturbados, os menores valores de material em suspensão particulado podem ocorrer no pico de descarga (Lewis et al. 1987). Deste modo, é possível que a interação entre a precipitação, o relevo, o tipo de solo e as atividades agropastoris determine a quantidade de material recebido pelos cursos d' água, onde a energia disponível sob a forma de ponta de cheia, manteria-os em suspensão transportando-os ou depositando-os ao longo do canal.

No trecho médio inferior do rio Miranda (estações 18, 22, 6 e 3), o máximo de sólidos em suspensão ocorreu entre outubro e dezembro, com um mínimo logo após, entre fevereiro e abril (fase de cheia). Os maiores valores que precederam aqueles do trecho superior, podem ser explicados pelo fato do rio estar dentro do canal com poucas perdas e ocorrer aumento da vazão com o início das chuvas (inclusive na parte alta); esta conjunção favorece o retrabalhamento de materiais anteriormente depositados no leito. Bancos de rios mostram importantes mudanças sazonais em armazenar ou liberar material particulado (Mead et al, 1985). Menores valores neste trecho correspondem aqueles de maior concentração na parte alta da bacia, e pode ser explicado pela retenção e/ou deposição do material em suspensão na planície de inundação, melhor do que um efeito diluidor, fato evidenciado, também, por Hamilton & Lewis(1987) no rio Orinoco.

Os bons ajustes lineares observados entre SS e alumínio e entre SS e ferro total sugerem entradas no sistema e padrões temporais similares. As equações obtidas foram: $Al\ (mg/l) = - 0,039 + 0,009\ SS\ (mg/l)$ ($r = 0,8139$, $n = 77$)

$Fe\ total\ (mg/l) = 0,016 + 0,035SS\ (mg/l)$ ($r = 0,7840$, $n = 135$)

A transparência (DS) mostrou-se correlacionada negativamente com SS, enquanto a matéria orgânica particulada correlacionou-se positivamente. Nos dois conjuntos de dados, o melhor ajuste foi obtido por meio de uma função potencial.

$$DS \text{ (cm)} = 658,19 \text{ SS (mg/l)}^{-0,75} \quad (r = 0,8695, n = 116)$$

$$MOP \text{ (mg/l)} = 0,51 \text{ (mg/l)}^{0,755} \quad (r = 0,8115, n = 134)$$

A similaridade observada entre os padrões de MOP e SS demonstra que a origem desta matéria orgânica é, primariamente, alóctone, proveniente do entorno da parte alta da bacia. A planície deve contribuir com uma carga importante de matéria orgânica dissolvida, o que pode ser corroborado pela coloração escura ou marron avermelhada, apresentada pela água da planície e do canal principal nos momentos de cheia (fevereiro/abril).

Em alguns locais, como nos rios Aquidauana e Salobra, um aumento da concentração de MOP pode resultar também de retrabalhamento de bancos espessos de folhas, ao ocorrer mudança de uma situação de deposição para de erosão.

Nitrato e amônia não mostraram um padrão sazonal definido (Fig. 4e). Provavelmente, no trecho superior, as variações destes elementos devem estar associadas à entrada de material alóctone, como no caso de SS, bem como ao aporte de efluentes domésticos e/ou agro-industriais. Na planície, durante as águas altas, os valores de OD caíram levando a um ambiente do tipo redutor, o qual deve ter favorecido o processo de denitrificação com conseqüente perda de nitrogênio para a atmosfera.

A tendência do fósforo reativo solúvel é de valores menores entre junho e agosto (parte alta) e entre abril e junho (trecho inferior) e, de valores maiores entre outubro e dezembro (Fig. 4f). É suposto que, na parte alta, o aporte de sedimentos defina este padrão, visto ser comum a adsorção de fósforo reativo a minerais de argila. No trecho inferior, o padrão é melhor explicado pela ocorrência de um maior ou menor efeito diluidor do sistema.

O mesmo padrão sazonal é observado para silicato reativo solúvel em toda a bacia, com maiores valores ocorrendo entre outubro/dezembro e os menores entre junho/agosto (Fig. 4f). O aporte de sedimentos com as pontas de cheia no trecho superior e o efeito diluidor com as águas altas na planície devem ser os fatores atuantes nos padrões observados. Entretanto, a temperatura pode ser um fator importante, dada a variação estacional e o forte efeito que exerce sobre a solubilidade de minerais e silicatos (Hem, 1970 apud Lewis & Saunders, 1989).

Nitrogênio (Kjeldahl) mostrou sazonalidade em algumas estações com maiores valores entre outubro/dezembro e menores entre abril/junho. O mesmo padrão é observado para fósforo total nas estações do trecho inferior da bacia, enquanto na parte alta os maiores valores ocorreram na última coleta (fevereiro) e os menores em janeiro (Fig. 4d).

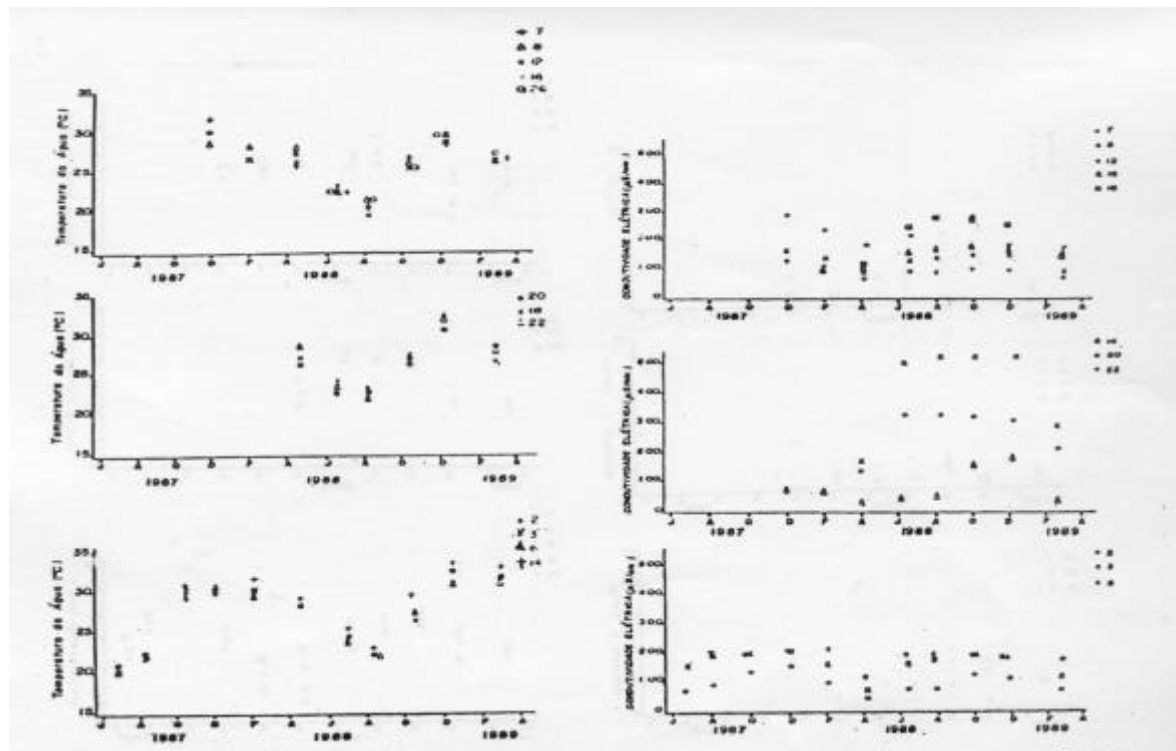


Fig. 4a. Distribuição temporal dos valores de temperatura da água (°C) e condutividade elétrica (µS/cm), de jun/87 a fev/89, na bacia do rio Miranda.

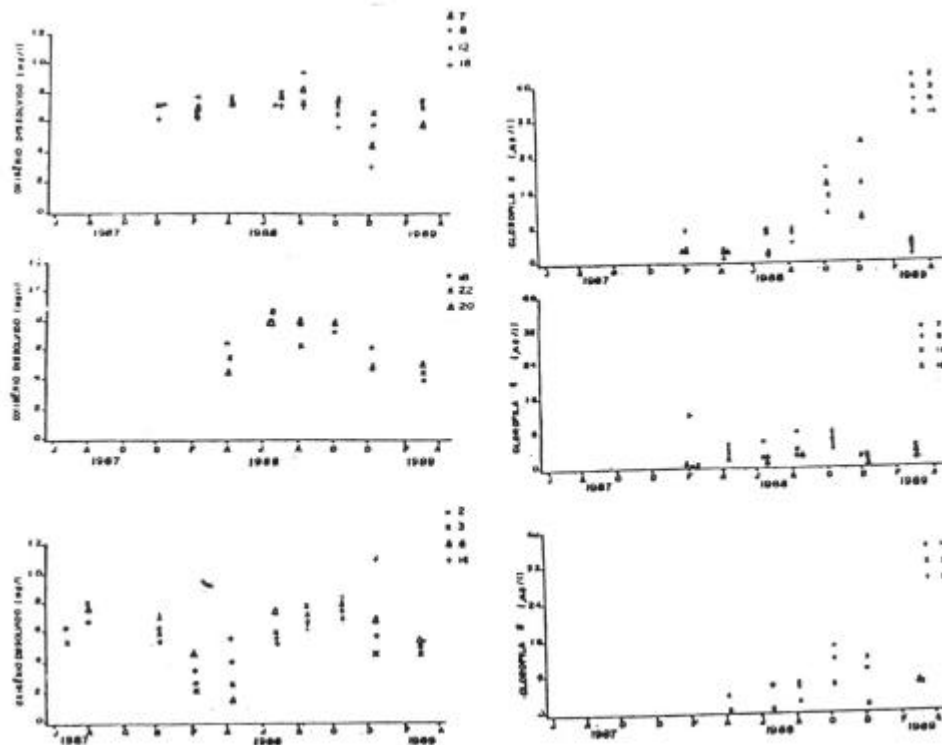


Fig. 4b. Distribuição temporal dos valores de oxigênio dissolvido (mg/l) e clorofila *a* (µg/l), de jun/87 a fev/89, na bacia do rio Miranda.

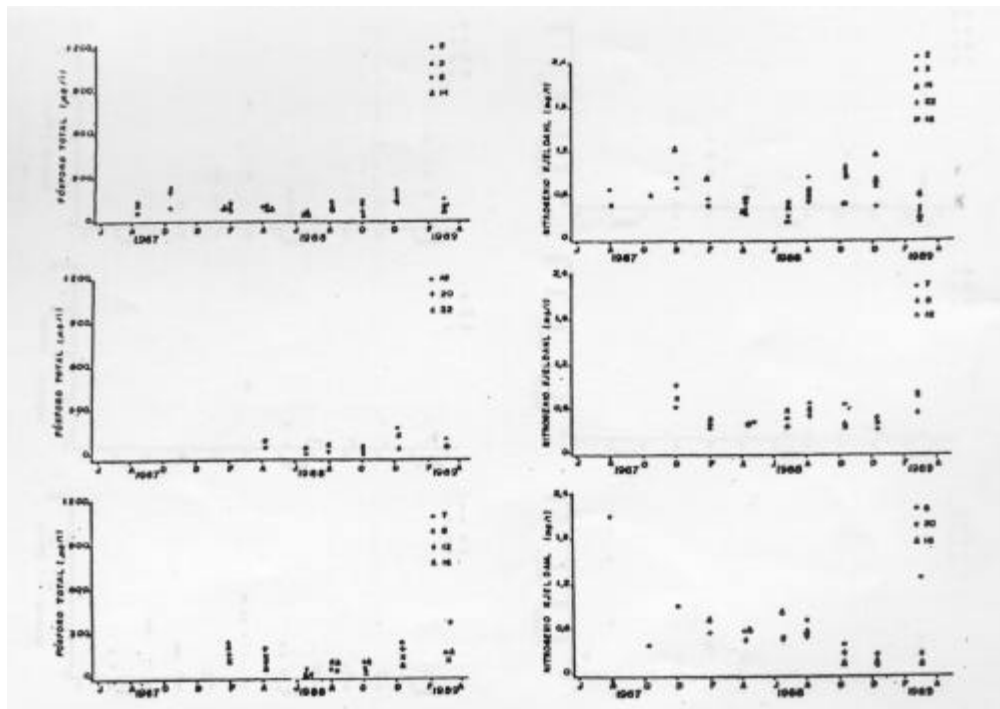


Fig. 4c. Distribuição temporal dos valores de sólidos em suspensão (mg/l) e matéria orgânica (mg/l), de jun/87 a fev/89, na bacia do rio Miranda.

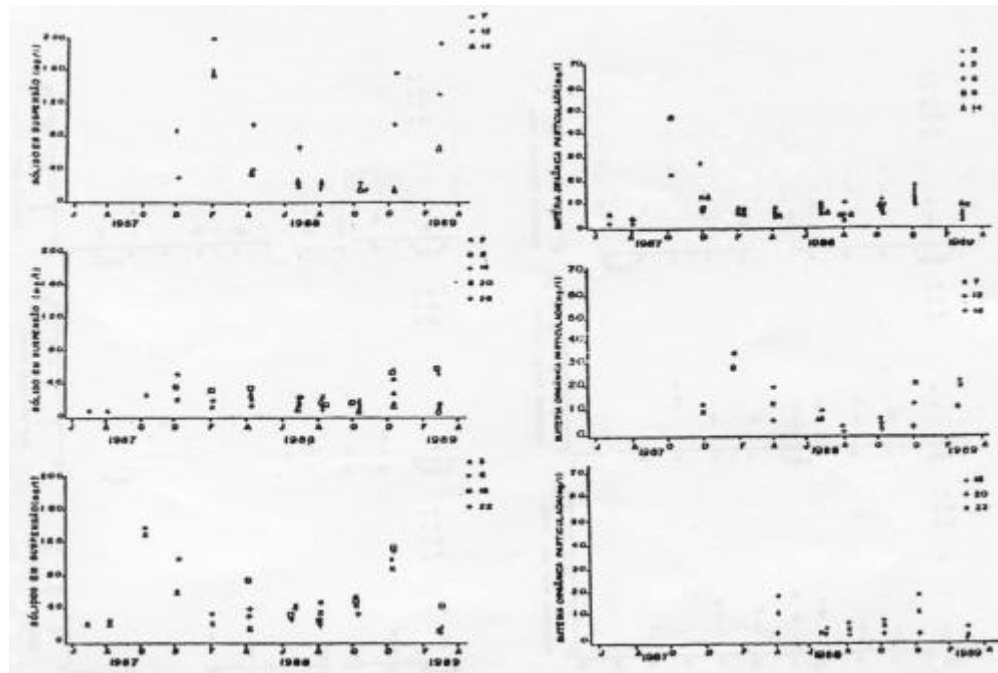


Fig. 4d. Distribuição temporal dos valores de fósforo reativo solúvel ($\mu\text{g/l}$) e nitrogênio kjedhal ($\mu\text{g/l}$), de jun/87 a fev/89, na bacia do rio Miranda.

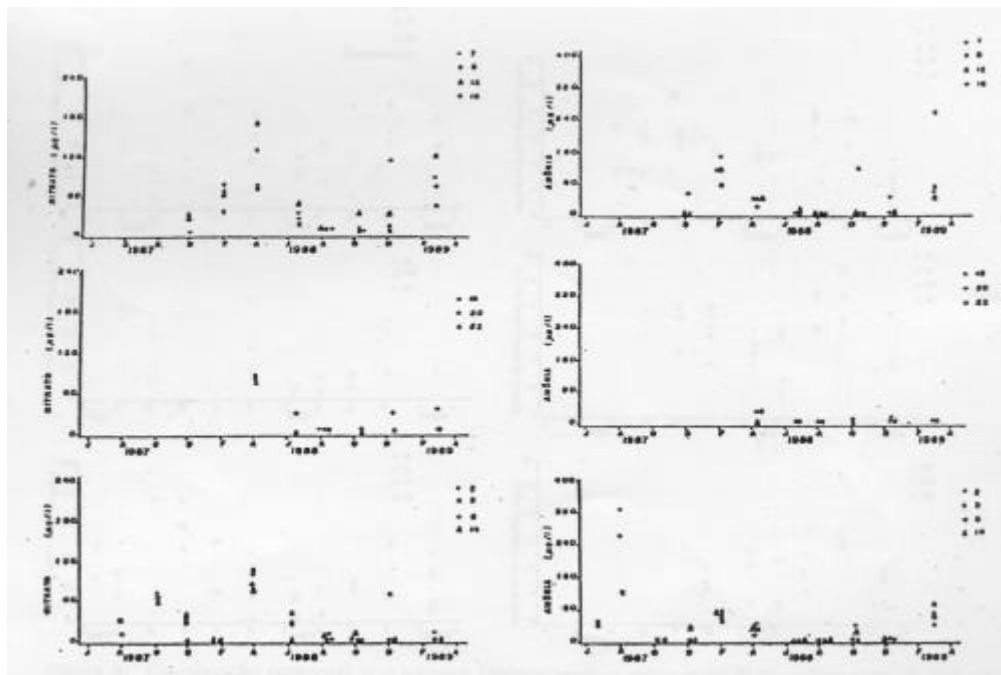
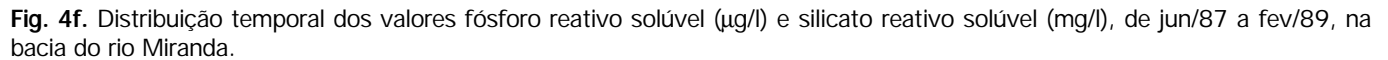


Fig. 4e. Distribuição temporal dos valores de nitrato ($\mu\text{g/l}$) e amônia (mg/l), de jun/87 a fev/89, na bacia do rio Miranda.



Em relação aos cátions principais (Ca, Mg, Na e K), padrões sazonais definidos foram observados para o trecho inferior da bacia à jusante do rio Salobra. O efeito de diluição ou concentração (associado ao regime hidrológico) parece ter sido o fator chave na definição do padrão, baseado em que os maiores valores ocorreram entre agosto e dezembro e os menores entre fevereiro e abril (Figs. 5 e 6).

O pH foi o parâmetro que menos oscilou ao longo do período de estudo, com coeficiente de variação (CV) menor que 9%. As maiores diferenças ocorreram nas estações localizadas no trecho inferior da bacia (02, 03, 06 e 14), e durante a fase em que a planície esteve inundada. Valores maiores foram observados no período mais seco, outubro/dezembro.

O clima dominante na área, com os seus elementos precipitação (intensidade e duração) e temperatura apresenta duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno mais seco e frio. Deste modo, o clima é o fator básico que direta ou indiretamente interfere nas variações temporais observadas por:

- modificar as vazões dos rios (aumento das cotas fluviométricas), criando situações diferenciadas de concentração e diluição e/ou erosão e deposição e/ou redução e oxidação;
- interagir com outros elementos da paisagem (uso e tipo de solo, cobertura vegetal, relevo e litologia) favorecendo a entrada de material "alóctone" para o sistema.

Secundariamente, estas variações temporais podem estar ligadas ao metabolismo do sistema, à resposta particular de cada variável, às flutuações climato/hidrológicas e ao aporte de efluentes domésticos, industriais e agrícolas.

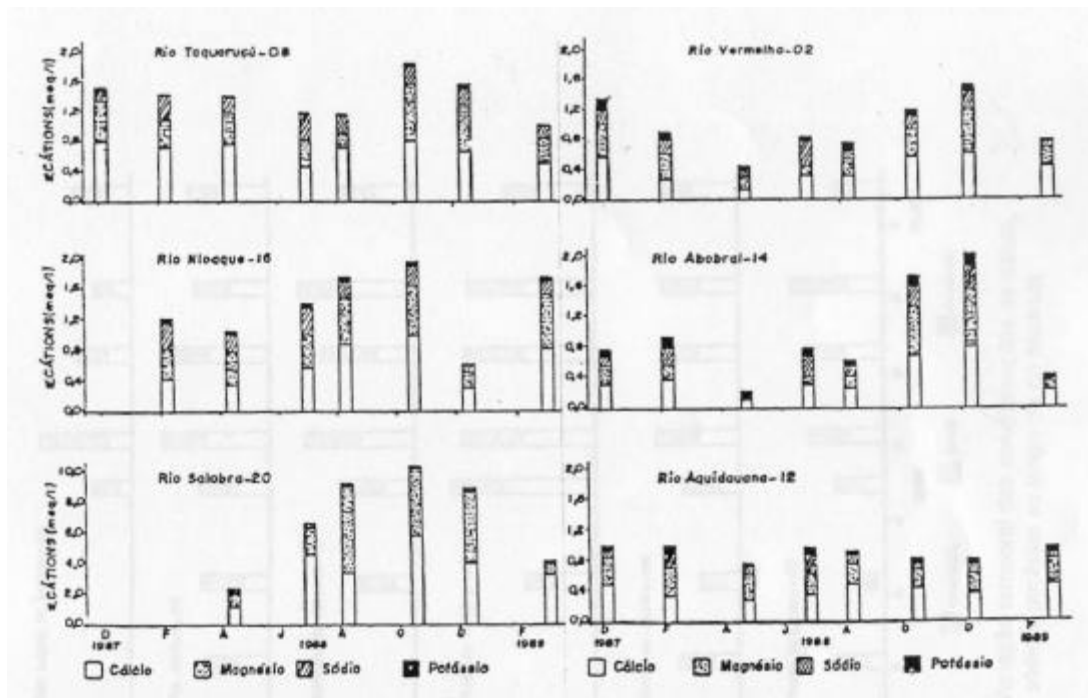


Fig. 5. Variação temporal das concentrações de cálcio, magnésio, sódio e potássio nos afluentes do rio Miranda.

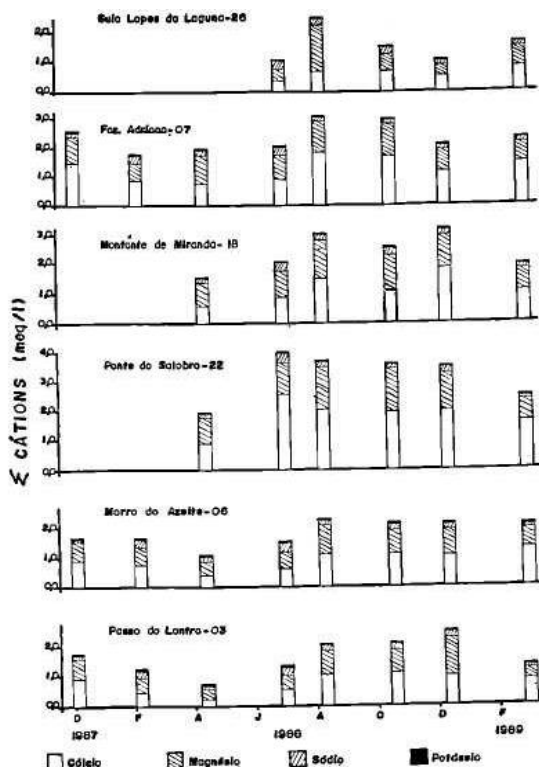


Fig. 6. Variação temporal das concentrações de cálcio, magnésio, sódio e potássio ao longo do rio Miranda.

Variabilidade Espacial da Qualidade da Água

Orvalle et al. (1990) define o termo “fácie hidrogeoquímica” como um conjunto de característica físico-químicas das águas fluviais, que está intimamente relacionado às propriedades biogeoquímicas do prisma elementar associado. Prisma este, visualizado como a interação entre água, vegetação, solo e rocha (Fortescue, 1980 apud Orvalle et al., 1990). Ainda, segundo este autor, uma bacia de drenagem pode englobar diferentes prismas elementares, os quais podem ser identificados a partir do reconhecimento das diferentes fácies hidrogeoquímicas que a compõem, considerando-se que cada prisma elementar representa uma área com características ambientais relativamente homogêneas. Dentro do prisma elementar cada parâmetro que compõe e define a fácie hidrogeoquímica pode

percorrer caminhos diferentes até alcançar o canal fluvial. A contribuição da área de drenagem é, normalmente, estimada a partir de modelos de balanço de massa, em que se conhece o aporte atmosférico e o transporte fluvial (Meybeck, 1983; 1984; Velbel, 1985; Lewis et al., 1987). Por outro lado, dentro da bacia de drenagem, é difícil estimar as contribuições diferenciadas da litologia, solos (física e química), vegetação e atividades antrópicas (Meybeck, 1979; Velbel, 1985). Os dados de qualidade de água de chuva e/ou de deposição atmosférica, utilizados nestes estudos, têm sido baseados em redes de amostragem em uma densidade tal que a área da bacia hidrográfica do rio Miranda poderia ser apresentada por um ponto (Stallard & Edmond, 1981; Munger & Eisenrich, 1983; Meybeck, 1984; Lewis et al., 1987).

Deste modo, supõe-se que a contribuição da precipitação atmosférica para a variação espacial observada seja mínima. Embora, dado que o regime pluvial é marcadamente sazonal e o aporte dele proveniente é importante para elementos como cloro, nitrogênio, sódio e sulfato (Johnson et al., 1969; Meybeck, 1983; Lewis et al., 1987), é possível que possa estar influenciando as variações temporais. Stallard & Edmond (1981) e Munger & Eisenreich (1983) indicam que, em muitos casos, uma fração do aporte proveniente da precipitação tem origem na própria bacia, seja por emissão biológica ou atividade erosiva.

Em uma primeira aproximação, cada estação com sua respectiva bacia de drenagem à montante, poderia constituir-se em uma fácies hidrogeoquímica. Contudo, as estações mais à jusante do rio Miranda resultam do somatório das diferentes sub-bacias à montante e que compõem o sistema. Assim, para avaliar a heterogeneidade espacial e definir as áreas “homogêneas” foram utilizados os intervalos de valores mínimos e máximos de dois conjuntos de variáveis (Tabelas 2 e 3) obtidas nas estações dos tributários do rio Abobral e do trecho médio-superior do rio Miranda (Estações 26, 07 e 18). Dentro destes intervalos estão incluídas as variações sazonais observadas, previamente discutidas no item “Variabilidade Temporal da Qualidade da Água” (Figs. 4a, b, c, d, e, f).

Como mostra a Fig. 1, as estações que representam os tributários (rios Nioaque e Abobral) foram localizadas na foz (barra) ou próximas a ela, com exceção do rio Aquidauana, onde a estação localizou-se em uma zona de transição do planalto para a planície. Portanto, neste rio, a área de drenagem corresponde ao trecho superior (parte alta) da sua bacia. Pode-se considerar, então, que o efeito do domínio morfológico sobre as variações observadas é, comparativamente entre os tributários, desprezível, à exceção do rio Aquidauana. Isto não quer dizer, contudo, que a qualidade da água não seja afetada pelas características morfológicas do canal fluvial, embora esta influência pareça ser mais importante em evidenciar diferenças espaciais dentro dos padrões temporais observados.

Tabela 2. Valores mínimos e máximos obtidos para pH, Alcalinidade total, condutividade elétrica, silicato reativo solúvel, sulfato, cloro, cálcio, magnésio, sódio, potássio e ferro total nas diferentes fácies hidrogeoquímicas que compõem a bacia do rio Miranda, entre os anos de 1987 e 1989.

Estação	pH	AlC/l (meq/l)	C.E. (μS/cm)	SiO ₃ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Fe (mg/l)
27 (2)*	6,7-7,0	0,7- 1,6	95- 129	12,3- 16,7	2,3- 16,7	0,7-1,5	10,4- 16,0	3,5-7,5	4,5-4,8	1,5-3,3	0,8-3,0
26 (5)	7,4-7,9	0,9- 1,4	104- 130	11,7- 20,4	1,0- 10,1	0,4-1,3	8,0- 16,8	4,4-19,8	3,6-6,7	1,5-2,5	0,1-4,0
07 (8)	7,3-8,4	1,7- 2,9	166- 280	3,1-14,4	0,0- 18,4	0,0-1,2	15,4- 37,1	7,8-13,6	2,3-7,0	1,0-2,7	0,1-6,5
16 (7)	7,5-8,0	1,0- 1,7	100- 173	5,2-21,7	1,0- 14,0	0,0-1,4	6,7- 20,5	2,7-8,5	2,2-8,3	0,9-2,6	0,1-6,1
08 (8)	7,0-7,9	1,0- 1,4	81- 155	9,3-17,4	1,0- 13,2	0,0-1,4	9,2- 16,5	2,5-9,5	3,2-7,8	1,3-2,5	0,2-4,0
12 (8)	6,7-7,9	0,7- 0,9	59- 119	7,7-14,6	0,0- 19,8	0,5-2,3	5,4- 10,4	3,0-4,4	2,0-6,3	2,2-3,1	0,1- 12,8
18 (6)	7,2-8,2	1,6- 2,9	110- 270	7,0-13,6	0,8- 20,5	0,6-2,0	12,1- 37,2	8,9-15,5	2,9-6,8	1,2-2,3	0,4-3,4
20 (6)	7,3-8,2	3,5- 6,3	165- 530	2,5-11,4	0,0- 18,8	0,2-1,5	17,0- 92,2	10,8-69,7	1,7-6,2	0,6-1,2	0,0-1,2
02 (11)	6,4-7,8	0,5- 1,2	36- 147	5,1-13,8	1,6- 17,1	0,5-2,6	2,5- 13,3	2,0-7,3	1,3-5,9	2,1-7,0	0,2-1,5
04 (8)	6,2-8,1	0,2- 1,6	16- 177	0,0-16,2	0,0- 10,5	0,4-2,2	2,0- 16,5	0,6-8,9	1,0-7,5	1,2-6,7	0,0-1,9

* Entre parênteses o tamanho amostral.

Tabela 3. Valores mínimos e máximos obtidos para oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão, matéria orgânica particulada, nitrogênio kjeldhal, amônia, nitrato, fósforo total e fósforo reativo solúvel nas diferentes fácies hidrogeoquímicas que compõem a bacia do rio Miranda, entre os anos de 1987 e 1989.

Estação	OD	SS (meq/l)	MOP (μ S/cm)	N-Kjeldhal (mg/l)	N-NH ₃ ⁻ (mg/l)	N-NO ₃ (mg/l)	P-total (mg/l)	P-PO ₄ (mg/l)
27 (2)*	1,1-8,4	76,0-83,0	19,2-23,2	0,3-1,5	26,3-94,4	10,3-201,9	191,0-232,0	47,7-58,0
26 (5)	4,3-8,1	8,2-53,5	1,5-16,4	0,4-0,6	< -96,3	5,0-48,2	14,0-154,0	13,0-47,7
07 (8)	4,6-8,5	13,0-198,5	2,6-34,0	0,3-0,8	< -135,0	< -101,9	52,0-268,0	< -64,2
16 (7)	5,8-9,5	10,6-155,0	2,3-27,3	0,2-0,9	< -247,8	< -73,0	17,0-222,0	< -39,5
08 (8)	3,2-7,6	10,0-55,2	2,7-8,3	0,3-0,9	< -113,6	< -128,0	58,0-184,0	31,2-83,0
12 (8)	6,4-8,0	10,8-193,2	5,1-26,5	0,3-0,8	< -109,0	5,0-166,0	37,0-460,0	14,7-96,2
18 (6)	4,2-8,6	20,7-110,8	1,7-18,4	0,2-0,7	< -385,0	< -74,0	16,0-191,0	< -91,0
20 (6)	4,5-8,1	2,9-20,7	0,3-6,2	0,3-0,5	< -27,0	< -79,0	< -85,0	< -15,0
02 (11)	2,5-7,8	3,3-24,6	0,0-21,2	0,4-0,9	< -332,0	< -101,0	14,0-138,0	5,0-60,0
14 (8)	3,3-11,0	8,2-50,0	3,3-12,0	0,4-1,2	< -69,0	< -79,0	15,0-119,0	< -45,0

* Entre parênteses o tamanho amostral.

Dos dois conjuntos de variáveis utilizadas considera-se que o primeiro (Tabela 2) é fortemente influenciado pelas características pedológicas e litológicas, enquanto o segundo (Tabela 3) reúne variáveis que estão mais relacionadas à cobertura vegetal, ao uso do solo, às atividades antrópicas, ao metabolismo interno do sistema/reações químicas e à atividade biológica.

Os domínios geomorfológicos fornecem a base para uma primeira divisão dos sistemas agrupados por apresentar:

- a) todo o seu curso dentro do domínio da planície (rio Vermelho-02 e Abobral-14);
- b) todo o seu curso dentro do domínio do planalto (rios Aquidauana-12 e Santo Antonio-27);
- c) parte do curso no domínio de planalto e parte no domínio da depressão ou da planície (rios Taquaruçu-08, Nioaque-16 e Salobra-20);

Uma primeira fácies hidrogeoquímica é constituída pelos rios Abobral e Vermelho, os quais são sistemas sem nascentes definidas que drenam águas do campo ou aquelas resultantes do extravasamento dos rios Miranda e Aquidauana. Apresentam padrões sazonais bem definidos para a maior parte do conjunto de variáveis analisadas, como resposta ao efeito de diluição/concentração provocado pelo regime hidrológico com fases de cheia e seca bem definidas. Dentro da bacia são as águas mais pobres em eletrólitos e onde os metais alcalinos se mostram importantes no somatório de cátions, especialmente o K^+ , embora Ca^{++} e Mg^{++} são os mais abundantes (Fig. 5, Tabela 2). Durante a fase de cheia, quando ocorre a mistura das águas do canal com a massa d'água da planície, desenvolve-se um ambiente redutor com baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido. Nestes sistemas parece ser mínima a interferência antrópica e, desse modo, os mecanismos mais importantes passam ser a trocas que eles realizam com a planície de inundação.

O rio Santo Antônio foi amostrado apenas duas vezes (10a. e 11a. campanhas), portanto seus intervalos podem ser ampliados. A comparação dos dados deste rio com aqueles do rio Miranda em Guia Lopes da Laguna (26), localizado a 200 m à jusante da foz do rio Santo Antônio, leva a considerá-los como constituindo uma mesma fácies hidrogeoquímica.

Assumindo que os sistemas têm volumes de água proporcionais, as águas do rio Miranda à montante do rio Santo Antônio são levemente mais alcalinas e possuem maior concentração de magnésio. O rio Miranda neste trecho funciona, também, como diluidor das concentrações de compostos derivados

de despejos da atividade agro-industrial (frigorífico), instalada na margem do rio Santo Antônio.

O rio Aquidauana, dentre os tributários, é o que possui a maior área de drenagem sendo de porte similar àquela do rio Miranda (Tabela 1). Sua fácies hidrogeoquímica é caracterizada por águas também pobres em eletrólitos dominada pelos alcalinos terrosos em que há, porém, uma participação substancial de Na^+ e K^+ . Isto se deve, provavelmente, à litologia dominante na sua bacia de drenagem constituída principalmente por arenitos de solos dos tipos Latossolo e Areias Quatzosas. A fragilidade deste prisma elementar, como apontada por Brasil (1982), no qual está sendo inserida uma forte pressão de ocupação agrícola, favorece a erosão das margens com conseqüente aporte de sedimentos para o canal do rio. Os dados de SS e MOP (Tabela 3) corroboram estas afirmações.

Tanto no rio Santo Antônio como no rio Aquidauana, as atividades agroindustriais parecem estar afetando alguns parâmetros como P-PO_4 , N-NH_3 , N-NH_3 e OD (Tabela 3), evidenciado, principalmente, pela ocorrência ao longo de todo o período de trabalho e/ou pelos valores mínimos observados.

A quarta fácies hidrogeoquímica é constituída pelos rios Nioaque (16) e Taquaruçu (08). Estes sistemas têm nascentes próximas e áreas de drenagem contíguas, porém, o rio Nioaque segue em direção oeste alcançando o rio Miranda, enquanto o rio Taquaruçu segue em direção norte desaguardando no rio Aquidauana (Fig.1). Apesar de possuírem áreas de drenagem relevantes, não há informações hidrológicas ou flúvio-morfológicas que permitam estudo comparativo. Os intervalos observados das variáveis que compõem o primeiro grupo (Tabela 3) são muito similares. Constituem-se de águas neutras e levemente alcalinas com os metais alcalinos terrosos os cátions dominantes e contribuição substancial de Na^+ à semelhança do rio Aquidauana (Fig. 5). Entretanto, têm concentrações mais elevadas em termos absolutos de Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ , o que pode refletir em alguns pontos, drenagem de rochas calcárias.

O rio Salobra (estação 20) constitui-se em outro compartimento bem definido, drenando águas de características bem atípicas em relação ao restante das estações amostradas. São águas alcalinas com elevada concentração de eletrólitos, basicamente Ca^{++} , Mg^{++} e íon bicarbonato como ânion mais importante. Considerando que o pH nunca ultrapassou 8,2, a concentração de carbonato pode ser considerada pequena. Suas águas são sempre bem transparentes o que favorece o desenvolvimento de abundantes bancos de macrófitas submersas (*Chara* sp., *Potamogeton* sp. e *Najas* sp.) sobre fundo de areias conchíferas e fragmentos vegetais, enquanto na superfície ocorrem macrófitas emersas (*Eichhornia azurea*, principalmente). Na parte baixa, onde o rio foi amostrado, há entrada de água do rio Miranda o que, provavelmente,

seja a explicação para a forte diluição de alguns parâmetros observados durante a fase de cheia. A grande carga de cátions alcalinos terrosos transportada por este rio deve resultar da abundância de rochas calcárias e dolomíticas do Grupo Corumbá no planalto da Bodoquena, onde se desenvolvem solos ricos em calcário (Brasil, 1982b).

Entre as estações 26 e 07 no rio Miranda (Fig.1), há entrada pela margem esquerda dos rios Formoso e da Prata. A análise das diferenças entre as duas estações fornece algumas características do que poderia ser uma fácies hidrogeoquímica neste trecho. As águas que a formam são originadas no planalto da Bodoquena e, posteriormente, atravessam a depressão do Paraguai sobre o Grupo Cuiabá. Nas duas áreas é comum a ocorrência de rochas calcárias e dolomíticas. Pela Tabela 2, nota-se que esta fácies enriquece as águas do rio Miranda com eletrólitos, principalmente cálcio e, secundariamente com magnésio e ferro, tornando-as mais alcalinas. A área contribui também com um aumento bastante significativo de matéria orgânica particulada e sólidos em suspensão (Tabela 3). Isto deve estar relacionado à atividade erosiva de regressão por parte dos cursos d'água (Brasil 1982) que, provavelmente, está sendo acelerado pelo aumento de atividades agrícolas na área, bem como pela atividade de extração de calcário nas margens do rio Formoso.

Com base na amostragem utilizada (número de estações de coleta e frequência amostral) e nos parâmetros analisados, foram identificadas 6 fácies hidrogeoquímicas na bacia hidrográfica do rio Miranda:

1. rio Aquidauana (trecho médio-superior)
2. rios Taquaruçu e Nioaque
3. rio Santo Antônio e rio Miranda à montante da cidade de Guia Lopes da Laguna
4. rio Formoso e da Prata
5. rios Vermelho e Abobral

Pode-se supor que em uma amostragem com um número maior de estações dentro destas sub-bacias, outras fácies hidrogeoquímicas possam ser discernidas. Orvalle et al. (1990) comenta que o controle da composição química das águas pluviais pode variar de uma escala de dezenas a centenas de metros, refletindo a heterogeneidade do sistema. Isso poderia ocorrer, provavelmente, no rio Aquidauana, que está sob efeito de pressão antrópica e recebe tributários com áreas de drenagem inseridas em unidades geológicas distintas. A área correspondente a esta fácies é comparável ao somatório das áreas das fácies dos rios Taquaruçu/Nioaque, Santo Antônio/Miranda e Formoso/da Prata (Tabela 1).

As características que permitem a definição das fácies hidrogeoquímicas estão basicamente relacionadas aos aspectos litológicos e aos tipos de solos predominantes em cada área. A interação do regime hidrológico com o relevo parece secundário na parte alta porém, deve ser tão atuante quanto os anteriores na parte baixa do sistema (planície). As atividades antrópicas já estão interferindo de forma expressiva em algumas fácies.

Variação Longitudinal no Canal Principal do Rio Miranda

A heterogeneidade espacial observada na bacia, caracterizada pelas diversas fácies hidrogeoquímicas, é integrada através do canal principal do rio Miranda e resulta em uma massa d'água relativamente homogênea que irá alimentar o rio Paraguai.

As modificações na qualidade da água ao longo do canal não resultaram apenas na mistura de diferentes massas d'água. O relevo da bacia com as suas unidades fisiográficas de planalto, planície e depressão, condiciona fortemente a morfologia fluvial e esta, em estreita relação com o regime hidrológico, funciona como uma força de ação ao controlar as variações longitudinais de alguns parâmetros. O metabolismo interno como resultado da atividade biótica em estreita dependência do pH, temperatura e oxigênio dissolvido, dentre outros, exerce, também, um papel importante na variação longitudinal.

As diferenças climáticas entre a parte alta (mesotérmico) e a parte baixa (megatérmico) deve responder pelo gradiente térmico positivo observado ao longo do rio (Figs. 7a,b,c,d,e), embora, este aumento possa ser aceito como uma tendência geral dos sistemas fluviais (Schaffer, 1985). Na fase de águas mais baixas o perfil tornou-se um pouco irregular, o que pode ter resultado de diferenças na morfologia do canal.

Os perfis de condutividade elétrica e da alcalinidade total (Figs. 7a,b,c,d,e) e do somatório dos equivalentes dos cátions principais (Fig. 5) incrementaram, em geral, da cabeceira em direção à ponte do Salobra (22), diminuindo gradualmente deste ponto em direção à foz. O aumento em eletrólitos deve resultar das águas que chegam ao canal originados do planalto da Bodoquena, enquanto, a diminuição deve-se, provavelmente, à entrada das águas do rio Aquidauana. No trecho inferior, durante a fase de cheia, a diluição pode ocorrer, também, como resultado da mistura com as águas da planície.

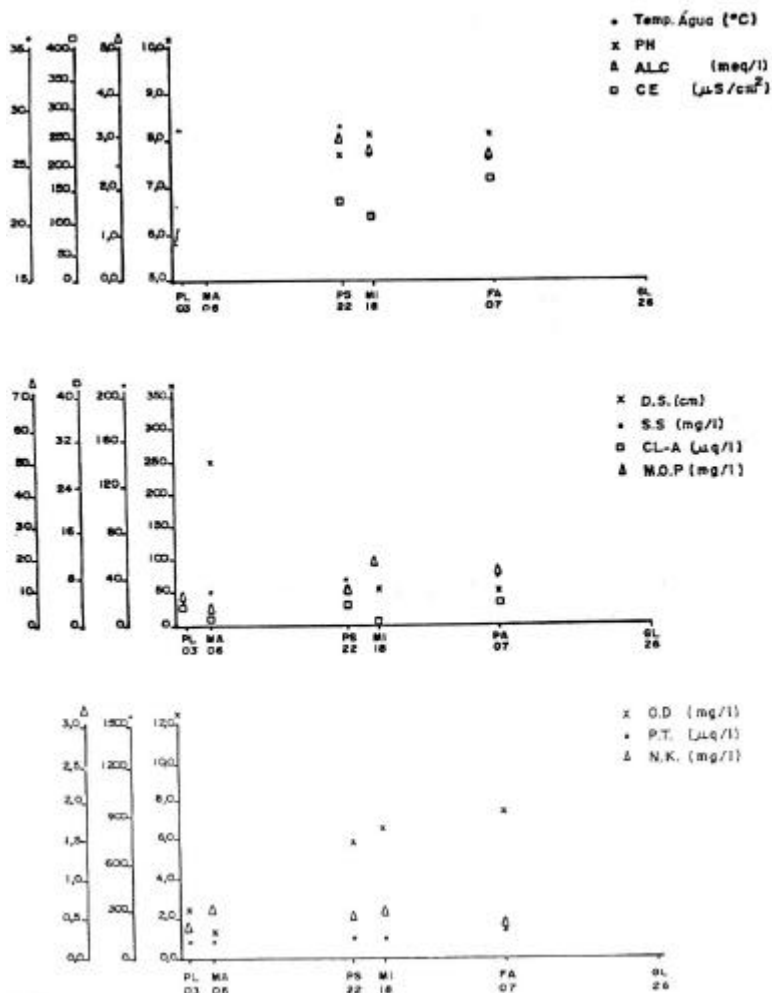


Fig. 7a. Variação longitudinal de variáveis limnológicas no canal principal do rio Miranda, 6^o campanha (04/88).

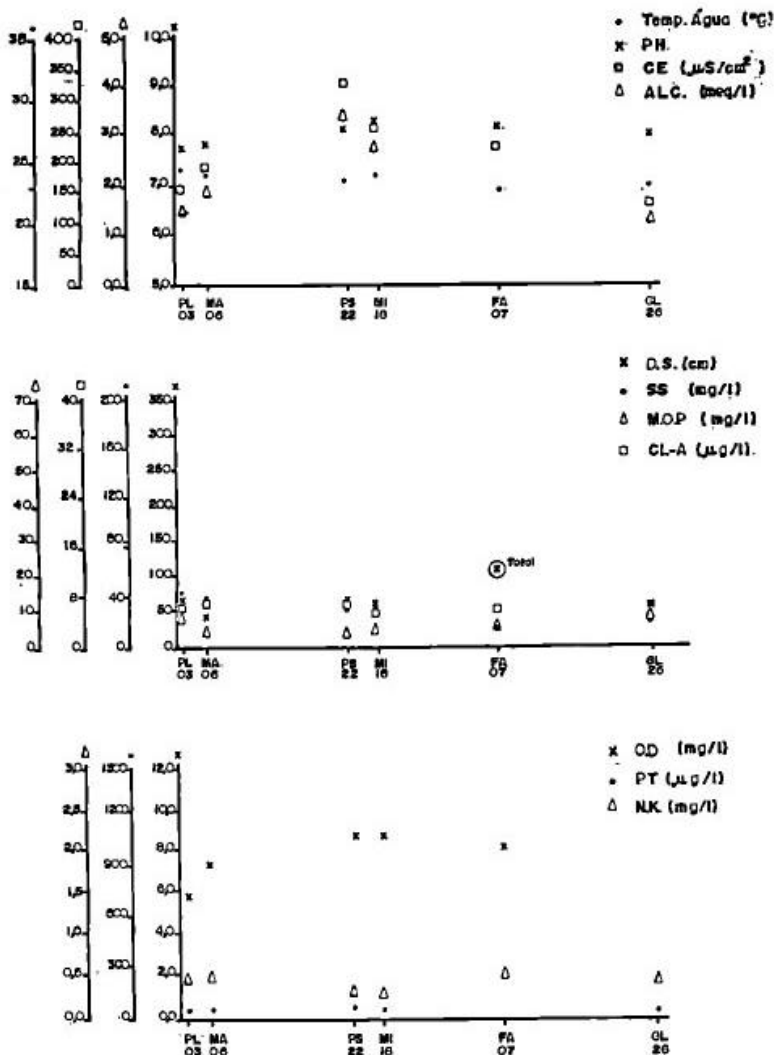


Fig. 7b. Variação longitudinal de variáveis limnológicas no canal principal do rio Miranda, 7ª campanha (04/88).

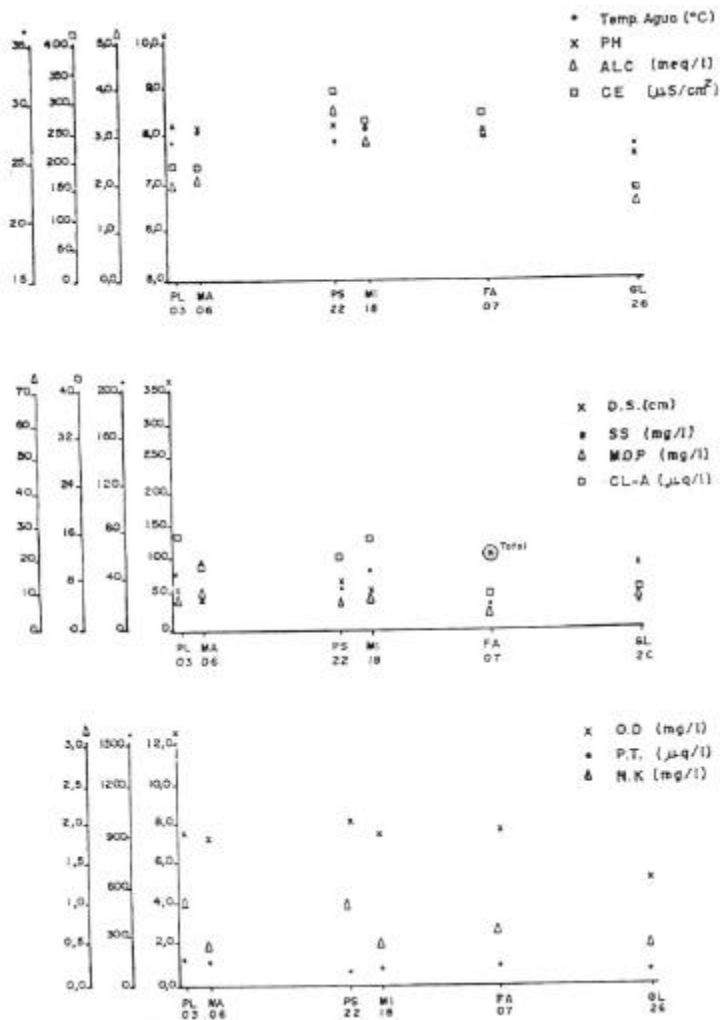


Fig. 7c. Variação longitudinal de variáveis limnológicas no canal principal do rio Miranda, 8ª campanha (04/88).

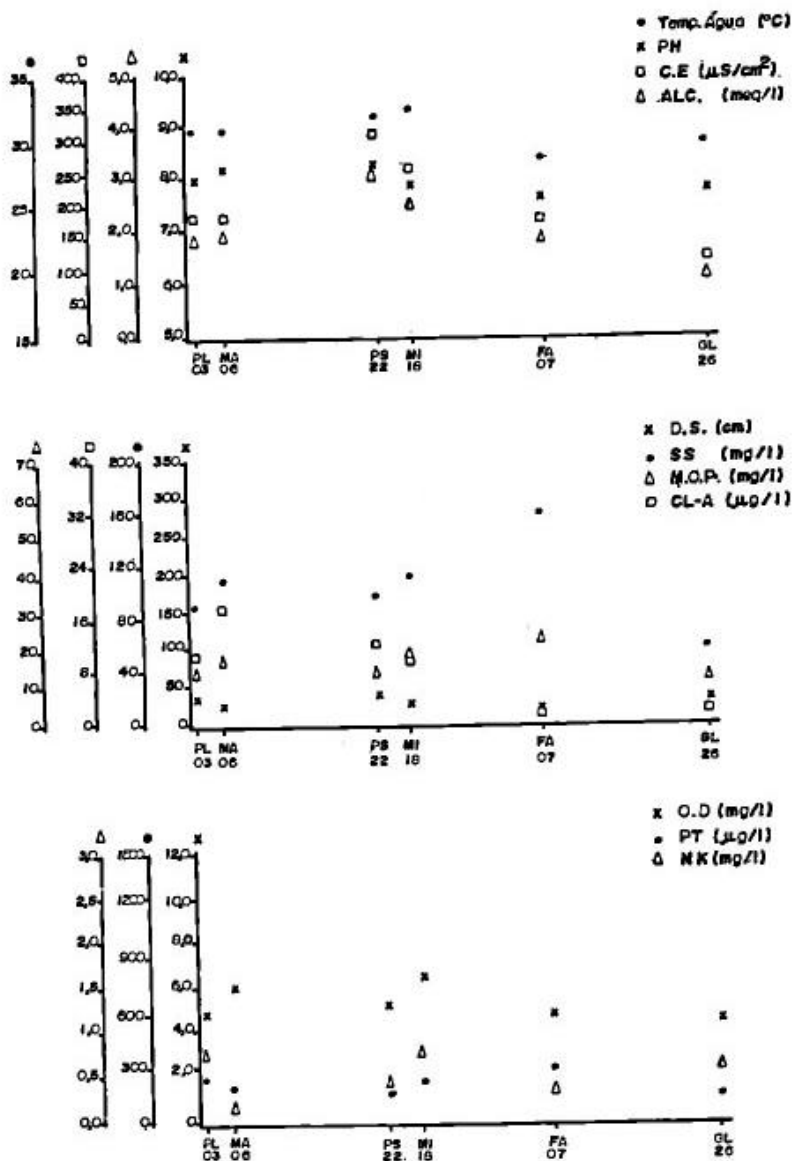


Fig. 7d. Variação longitudinal de variáveis limnológicas no canal principal do rio Miranda, 9ª campanha (04/88).

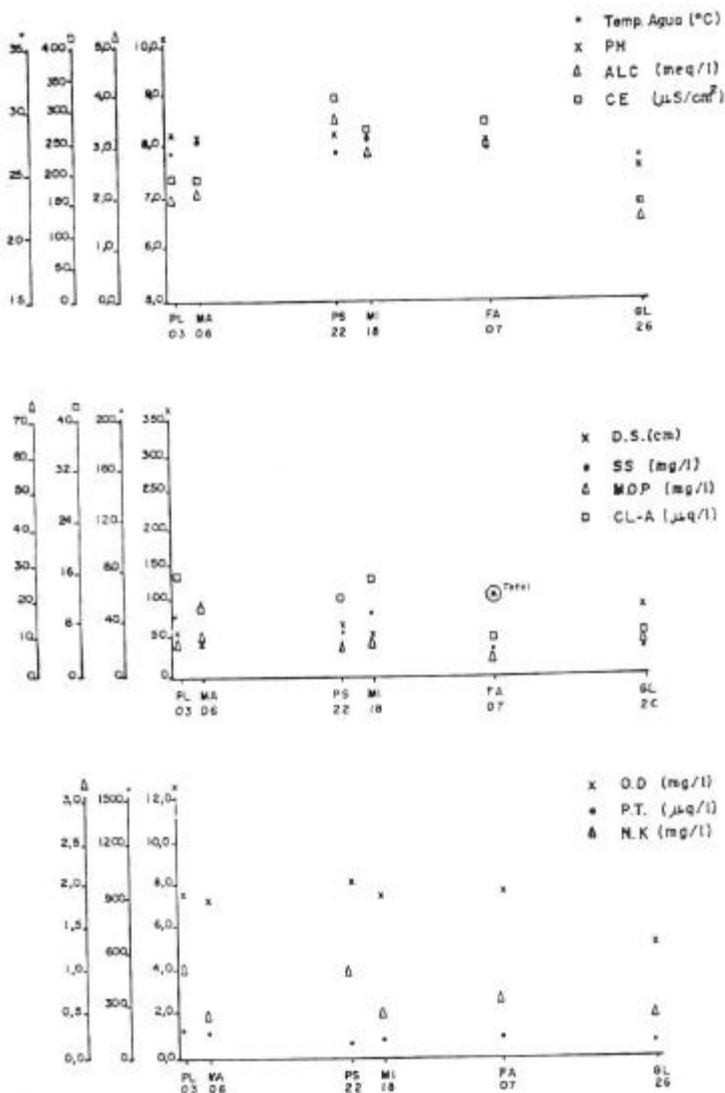


Fig. 7e. Variação longitudinal de vairáveis limnológicas no canal principal do rio Miranda, 9º campanha (04/88).

O pH mostrou perfil uniforme com pequenas variações, sendo que dois aspectos podem ter contribuído para este padrão: as pequenas variações espacial e temporal observadas e um forte tamponamento devido aos teores de sais presentes em solução. Fica claro, entretanto, que esta uniformidade é, em grande parte, condicionada pela entrada no canal de diferentes fácies hidrogeoquímicas. Durante a 6a. e a 11a. campanhas (Figs. 7a,b,c,d,e) houve decréscimo sensível dos valores em direção ao trecho inferior do rio.

O padrão observado para as concentrações de oxigênio dissolvido (Figs. 7 a,b,c,d,e) é similar àquele do pH, mostrando, também, um forte gradiente negativo durante a 6a. e 11a. campanhas. Apenas durante a 9a. e 10a. campanhas os perfis de OD mostraram aumento suave em direção à foz.

As concentrações de sólidos suspensos (SS) entre a 7a. e a 9a. campanhas aumentaram em direção à foz, enquanto a transparência da água (DS) diminuiu (Figs. 7 b,c,d). Na 6a., 10a. e 11a. ocorreu o inverso (Figs. 7 a,e,f). Isto mostra que a planície, durante a fase de cheia, detém boa parte da carga de material em suspensão proveniente da parte alta da bacia. O gradiente positivo foi observado quando as águas corriam dentro do canal ao longo de todo o curso, o que deve ter sido favorecido pelo retrabalhamento de material anteriormente depositado no leito. O aumento da concentração que ocorreu em todas as campanhas, entre Guia Lopes da Laguna e fazenda Adriana pode resultar do aumento da área de drenagem com atividade agrícola. As entradas de tributários provocam pequenas alterações que parecem não afetar a tendência geral dos perfis.

O padrão de variação longitudinal da matéria orgânica particulada (MOP) foi semelhante ao observado para sólidos em suspensão. Exceções ocorreram na 7a. e 8a. campanhas. Nestas, dado o nível baixo das águas no canal principal, a interferência dos tributários deve ter sido mais forte o que resultou em um perfil irregular com baixas concentrações de MOP.

O rio Miranda apresentou valores sempre abaixo de 15 µg/l de clorofila *a* em perfis longitudinais irregulares com pequenas diferenças entre as estações. Provavelmente, os tributários condicionam tal padrão (Figs. 7a,b,c,d,e) e, segundo Silva (1990b) a comunidade fitoplancônica ao longo do canal principal do rio Miranda é fortemente influenciada pelas comunidades oriundas dos seus tributários.

Amônia, nitrato, nitrogênio-kjeldhal, fósforo total e fósforo e silicato reativo solúvel tiveram perfis irregulares, porém, com variações pequenas entre as estações. Exceções a este padrão foram os perfis com forte gradiente negativo em direção à foz para fósforo total (11a. campanha) e fósforo reativo solúvel (6a. campanha). O último parâmetro apresentou, também, gradientes negativos mais suaves nas 9a. e 10a. campanhas. Nitrato teve, em geral, maiores

concentrações na fazenda Adriana e nas estações mais à jusante do canal (03 e 06). Nos perfis de nitrogênio kjedhal e silicato reativo solúvel foi detectada uma certa influência dos tributários.

Os padrões de variação longitudinal dos parâmetros analisados no canal do rio Miranda foram, de um modo geral, fortemente influenciados pelos tributários (fácies hidrogeoquímicas). A intensidade com que estes interferem deve resultar das relações de vazão e carga entre eles e o canal principal do rio Miranda.

O regime hidrológico, associado às características morfológicas do canal e da bacia é, também, um fator chave para a compreensão de alguns padrões, especialmente durante a fase de inundação da parte baixa do sistema. A fácies hidrogeoquímica da planície, caracterizada pelas águas dos rios Vermelhos e Abobral, é bem distinta das águas do canal principal do rio Miranda no período de água baixas. Podem não diferir durante a fase de cheia, dependendo da intensidade e da duração da inundação. Um exemplo desta dinâmica foi obtido ao agrupar as coletas de 12/87 a 12/88 nas estações 14 (rio Abobral) e 03 (Passo do Lontra), através do programa SAEG, trabalhando com WPGA e distancia euclidiana média para 13 variáveis (pH, CND, OD, SD, TAG, SS, MOP, PT, Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e Fe total) onde cada coleta correspondeu a uma OTU. O resultado é apresentado na Figura 8 em que se pode observar três grupos bem definidos:

1. rio Miranda (Passo do Lontra), à exceção da coleta de 04/08;
2. rio Abobral, fase lântica (12/87 e 10 e 12/88);
3. rio Abobral e coleta de 04/88 do Passo do Lontra.

A data de 04/88 corresponde ao momento em que se observou em campo o maior nível de água em todo o período de trabalho e quanto foi observado o contato superficial entre os dois sistemas. Nota-se que nesta coleta eles são mais similares entre si do que entre diferentes datas no mesmo rio. Isto sugere massas d'água de características homogêneas correndo nos dois canais. Entretanto, como estas massas d'água estão dentro do grupo 3 (Abobral), interpreta-se como as trocas ocorridas entre as águas do canal e as da planície e a direção que a massa d'água resultante toma, tornando-se semelhante à fácies hidrogeoquímica dos rios da planície. Ressalta-se que a amostragem foi realizada no dia 14/04/88, quando o rio Paraguai em Ladário, acusava 6,63m. No dia 17/04/88 neste posto foi registrado a maior cheia desde 1905, quando a régua acusou 6,64m. Deste modo, os dados discutidos correspondem a um extremo de nível d'água (máximo registrado), tornando-se um referencial de importância para a qualidade d'água na planície.

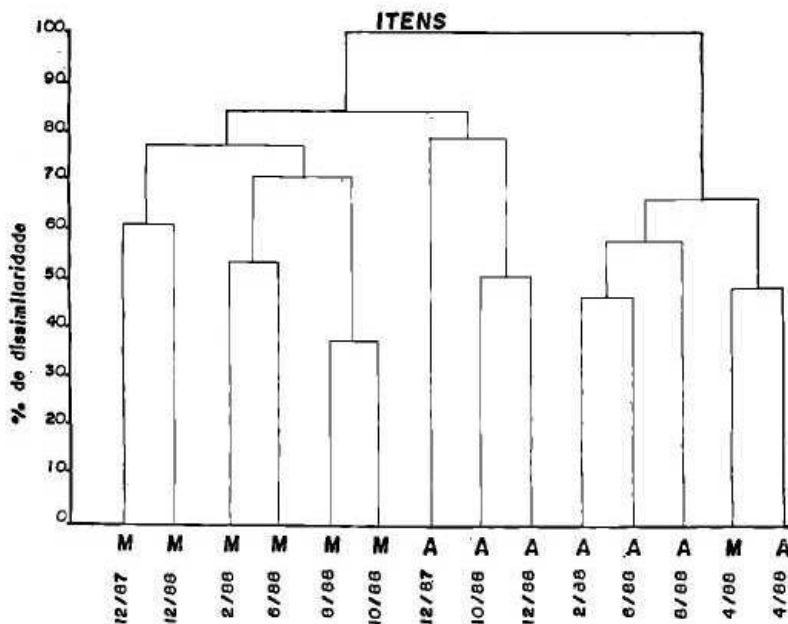


Fig. 8. Valores de dissimilaridade (%) entre amostras do rio Miranda – Passo do Lontra (03) e rio Abobral (06) de 12/87^a 12/88. Variáveis utilizadas: pH, CND, OD, DS, TAG, SS, MOP, PT, Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ e Fe total.

Parâmetros de Qualidade da Água Relevantes para a Preservação dos Recursos Pesqueiros

Os peixes que habitam determinado sistema podem ser afetados, de modo geral, pela ação direta de substâncias tóxicas ou por efeito indireto resultante de alterações na cadeia alimentar e da destruição de habitats. Os valores máximos obtidos por estação, para cada parâmetro como potencialmente danoso aos recursos pesqueiros na bacia do rio Miranda, estão apresentados na Tabela 4.

A sensibilidade de peixes para baixas concentrações de oxigênio dissolvido difere entre espécies, entre os vários estádios de vida e entre diferentes processos vitais (Jones 1964; Alabaster & Lloyd 1982). Contudo, não há um nível de concentração para o qual o teor de OD pode ser reduzido sem provocar algum efeito adverso na reprodução, crescimento e conseqüentemente, na produção de peixes (EPA, 1972). Segundo Jones (1964) os valores críticos de OD, assinalados para cada espécie, são obtidos geralmente em laboratório e os níveis letais determinados resultam, freqüentemente, em sérias subestimativas mesmo para manter, meramente, os processos vitais. Neste sentido, os requerimentos para sobrevivência e crescimento na natureza devem ser consideravelmente superiores aos assinalados na literatura.

Sistemas fluviais sob o efeito de inundação são conhecidos por desenvolverem, naturalmente, águas anóxicas ou com baixos teores de OD, os quais podem, em alguns casos, provocar mortandade em massa de peixes (Welcome, 1985). Por outro lado, é conhecido que certos grupos de peixes têm desenvolvido mecanismos adaptadores para tal situação, como a respiração aérea (facultativa e obrigatória), respiração aquática de superfície e adaptações fisiológicas. É difícil, portanto, ter um valor considerado favorável a todas as espécies e/ou situações. A concentração de 4,0 mg/l é geralmente recomendada pelas evidências de danos subagudos ou crônicos em várias espécies de peixes expostas à concentrações inferiores (EPA, 1972).

Na bacia do rio Miranda, os valores mínimos de OD foram registrados no trecho inferior (planície), durante a fase de cheia (inundação), assumido como resultado de processos naturais. A exceção ocorreu em uma coleta no rio Santo Antônio quando foi medido apenas 1,1 mg/l (14% de saturação). Neste caso é altamente provável que os baixos valores resultem de ação antrópica (atividade agroindustrial).

Resende et al. (1990) têm apontado os baixos teores de OD como o fator causador da mortandade de peixes no rio Paraguai. As concentrações de OD observadas na bacia do rio Miranda são um pouco superiores aos fornecidos pelos autores. Podem, porém, gerar uma situação de fragilidade tornando os peixes mais vulneráveis a outros fatores de interferência, incluindo o parasitismo (Pádua et al., 1982).

Tabela 4. Valores mínimos de oxigênio dissolvido e máximos de dióxido de carbono livre, amônia, nitrato, fósforo reativo solúvel, alumínio, ferro total, zinco, manganês, cobre e sólidos em suspensão obtidos na bacia do rio Miranda (jun/87 a fev/89).

Estação	OD (mg/l)	OD (%sat)	CO ₂ livre (mg/l)	N-NH ₃ ⁻ (µg/l)	N-NO ₃ (µg/l)	P-PO ₄ (µg/l)	Al (mg/l)	Fe total (mg/l)	Zn (mg/l)	Mn (mg/l)	Cu (mg/l)	SS (mg/l)
02	2,5	33,0	26,9	332,	101,0	60,0	1,2	1,5	0,12	0,21	0,08	24,6
03	2,2	28,6	19,2	119,0	106,0	76,0	1,1	1,6	0,13	0,38	0,14	127,6
06	1,2	15,3	54,3	261,0	85,0	76,0	1,3	3,0	0,20	0,19	0,16	138,4
07	4,6	59,3	10,0	135,0	101,9	64,2	1,2	6,5	0,18	0,35	0,16	198,5
08	3,2	42,0	9,5	113,6	128,0	83,0	1,2	4,0	0,13	0,20	0,11	55,2
12	6,4	80,3	13,9	109,0	166,0	96,2	1,3	12,8	0,18	0,30	0,14	193,2
14	3,3	44,7	20,2	69,0	79,0	45,0	1,0	1,9	0,15	1,42	0,14	50,0
16	5,8	70,9	3,9	247,8	73,0	39,5	1,5	6,1	0,15	0,35	0,08	155,0
18	4,2	52,2	8,5	385,0	74,0	91,0	0,3	3,4	0,15	0,24	0,11	110,8
20	4,5	54,9	14,5	27,0	79,0	15,0	0,1	1,2	0,12	0,14	0,08	20,7
22	4,7	59,5	10,0	27,0	85,0	39,5	0,2	2,5	0,18	0,17	0,03	95,6
26	4,3	57,5	5,8	96,3	48,2	47,7	0,1	4,0	0,18	0,16	0,14	53,5
27	1,1	14,7	14,3	94,4	201,9	58,0	-	3,0	0,02	0,18	0,00	83,0

EPA (1972) recomenda para um nível de proteção moderada de peixes (isto é, manutenção da pesca, usualmente sem nenhum prejuízo sério, mas com algum decréscimo em produção) que o valor de OD não seja menor que o determinado pelo seguinte critério:

$$\text{OD instantâneo} = 1,08 M - 0,0415 M^2 - 0,202,$$

onde M é a concentração mínima natural sazonal estimada. O valor de M é obtido da maior temperatura da água medida, quando não há evidências de concentrações naturais inferiores ao valor estimado. Como não há registros anteriores para este parâmetro na bacia do rio Miranda, o melhor referencial são os dados obtidos neste trabalho, dos quais, podem ser gerados valores de M para o trecho superior e inferior do sistema para um nível de proteção moderada. No trecho médio-superior da bacia (aqui considerado à montante de Aquidauana no rio Aquidauana e à montante da cidade de Miranda no rio Miranda) a temperatura máxima média d'água é cerca de 29,0 °C o que corresponde a um valor de M de 7,48 mg/l e de OD instantâneo de 5,6 mg/l (para uma altitude média de 200 m). Excluindo o rio Santo Antonio, a média dos valores de saturação para este trecho é de 84,2% (n= 46), portanto, pode-se considerar que o valor de M mais próximo da realidade seja: $7,48 \times 0,8 = 6,30$ consequentemente, o valor de OD instan. = 5,36 mg/l, valor este poucas vezes medido neste trabalho. Não foram detectadas diferenças sazonais significativas (= 0,05) para este trecho, usando como prova estatística o teste de Tukey.

No trecho inferior, englobando aqui o rio Salobra e todo o sistema à jusante das cidades de Aquidauana e Miranda, o oxigênio dissolvido mostrou sazonalidade bem definida (Fig. 4b). A aplicação do teste de Tukey (= 0,05) mostrou diferenças significativas entre os períodos de janeiro a maio e de junho a dezembro. Por outro lado, não foram significativas as diferenças entre este trecho inferior e o trecho superior no período de junho a dezembro. Portanto, pode-se utilizar o valor de OD instantâneo calculado para o trecho superior como referência para os meses de junho a dezembro no trecho inferior. Para o restante do ano, janeiro a maio, o valor de OD instantâneo mais próximo das condições naturais é estimado a partir da porcentagem de saturação média de 50,1% (n= 14) para uma temperatura máxima média de 30 °C e altitude média de 100 m. Isto resulta em um M estimado da ordem de 3,75 mg/l e de OD instantâneo da ordem de 3,3 mg/l. Vale ressaltar que podem ser encontrados valores inferiores ao OD instantâneo em situação natural, principalmente, se ocorrerem grandes inundações.

O dióxido de carbono livre é conhecido por interferir na habilidade do peixe de respirar, afetando a tomada de oxigênio dissolvido (Jones 1964; EPA, 1972). Entretanto, se ocorre uma aclimação prévia (o que comumente ocorre na natureza), níveis elevados de CO₂ livre como 60 mg/l, têm pouco efeito mesmo em situações de saturação moderada de OD (EPA, 1972; Alabaster & Lloyd, 1982; Pádua et al., 1982). A entrada de grande quantidade de CO₂ livre em um sistema aquático está associado à decomposição da matéria orgânica (Jones, 1964). Embora suas concentrações sejam, também, dependentes do pH, elas raramente ultrapassam a 20 mg/l (EPA, 1972).

Valores de tal magnitude ou mesmo maiores (54,3 mg/l, estação 06) ocorreram no trecho inferior do sistema, coincidindo com os baixos valores de OD e com as temperaturas mais elevadas. Estes três fatores podem atuar nesta fase, sinergisticamente, diminuindo a resistência dos peixes em um primeiro momento. Mais recentemente, a interação entre OD e CO₂ livre tem sido apontada como a causa mais provável de mortandade em ambientes aquáticos subtropicais (Singh & Shymananda, 1987) e tropicais (Resende et al., 1990).

No trecho superior da bacia, o material transportado em suspensão aparece como um parâmetro em potencial a afetar os recursos pesqueiros e a ictiofauna. Segundo EPA o material sólido finamente dividido causa prejuízo à pesca por:

- atuar diretamente na atividade natatória dos peixes, provocando-lhes a morte ou reduzindo suas taxas de crescimento e resistência à enfermidade;
- impedir o desenvolvimento bem sucedido dos ovos e larvas de peixes,
- modificar movimentos naturais e migrações de peixes;
- reduzir a disponibilidade de alimentos para os peixes;
- afetar a eficiência de captura dos peixes.

Elevadas cargas de silte afetam também outros organismos como fitoplâncton e vegetação submersa por reduzir a penetração de luz e, os organismos bentônicos por acolmatação do substrato de fundo (Welcome, 1985). As concentrações que causam a morte de peixes em poucas horas podem ser tão altas quanto 225,0 mg/l (EPA, 1972). Segundo Alabaster & Lloyd (1982) há poucos estudos mostrando mortandade em concentrações inferiores a 200 mg/l e dos casos reportados para concentrações de 100 mg/l ou inferiores não há, praticamente, diferenças para os controles utilizados com águas limpas. Contudo, alguns peixes parecem aptos a evitar águas muito turbas, ou mesmo, cessar a alimentação.

Na bacia do rio Miranda valores de SS entre 150,0 e 200 mg/l, foram observados nas estações dos rios Aquidauana, Nioaque e Miranda no trecho superior (Tabela 4) e, nesses locais as concentrações de MOP raramente ultrapassaram 40,0 mg/l. Sólidos suspensos (SS) mostrou uma sazonalidade bem definida, em que as altas concentrações ocorreram no período de maior incidência de chuva; embora considera-se que a intensidade de remoção de sedimentos pelo escoamento superficial seja dependente da cobertura vegetal e do uso do solo (item 5.6). Estas concentrações podem estar, potencialmente, prejudicando os peixes por abrasão das mucosas e obstrução das brânquias. O período em que se observam os maiores valores corresponde àquele em que os peixes migradores, especialmente o curimatá (*Prochilodus lineatus*), estão no trecho superior realizando a desova (item 3.1.1). O material em suspensão pode atuar positivamente sobre os ovos evitando predação (E.K. Resende, com. pessoal) ou negativamente por impedir trocas gasosas em ovos e larvas (EPA, 1972; Alabaster & Lloyd, 1982). EIFAC apud EPA (1972), reporta que em águas contendo 25 a 80 mg/l de SS, é possível manter boas ou moderadas pescarias. Entretanto, águas contendo entre 80 e 400 mg/l, raramente suportam boas pescarias, embora essa atividade possa ocorrer no limite inferior deste intervalo.

Sólidos em suspensão podem trazer, indiretamente, outros riscos ao sistema por agregar compostos ou metais que podem ser tóxicos aos peixes. A pouca atividade industrial na região que tem metais pesados como resíduos, minimiza este problema. Por outro lado, SS mostrou forte correlação positiva com alumínio e ferro total, os quais se originam, provavelmente, da lixiviação dos solos que compõem a bacia de drenagem. Compostos de ferro em suspensão formando gel ou flocos, podem ser extremamente prejudiciais a peixes e a outros animais, causando asfixia por obstruírem as brânquias (Pádua et al. 1982). Raghavam et al (1979) apontaram suspensões com a presença de ferro como responsáveis pela mortalidade de peixes em tanques de cultivo. As concentrações máximas observadas na bacia do rio Miranda estão acima dos limites recomendados para a preservação da vida selvagem e para os propósitos de piscicultura (Pádua et al., 1982; Schaffer, 1985). No rio Nioaque e no rio Miranda (estação fazenda Adriana), os valores máximos foram superiores a 5 mg/l, chegando a 12,8 mg/l no rio Aquidauana. Entretanto, é bem provável que estes valores resultem da contribuição dos solos da região onde, comumente, observa-se a presença de camadas lateríticas (Brasil, 1982b).

Poucas são as informações na literatura acerca da toxicidade de alumínio ou das concentrações satisfatórias à preservação da vida selvagem, não havendo nenhum critério estabelecido de qualidade de água para este elemento (Atchinson et al., 1987). EPA (1972) considera que concentrações superiores a 0,1 mg/l de alumínio ionizado ou potencialmente ionizável seriam deletérias

para o crescimento e sobrevivência de peixes. Segundo este autor, o alumínio pode ser consideravelmente mais tóxico do que se tem pensado. A toxicidade deste elemento é dependente do pH, sendo maior em águas ácidas, pH entre 4,5 e 5,2 e inversa à concentração de cálcio, como ocorre para outros metais (Jones, 1964; Howells et al. 1983). Os valores encontrados na bacia do rio Miranda, principalmente na parte alta, estão acima dos relatados pela literatura, os quais poderiam até mesmo provocar alterações comportamentais (Atchinson et al., 1987). Existem, porém, dois motivos que minimizam este risco: os altos teores de cálcio e pH observados para as águas que compõem a bacia e a menor toxicidade determinada pelo alumínio total (forma medida neste trabalho) em relação ao alumínio monomérico (Howells et al, 1983).

Zinco e cobre ocorreram em concentrações que podem ser consideradas usuais em águas interiores (Alabaster e Lloyd, 1982). A toxicidade destes metais é fortemente afetada pela dureza da água ou pela concentração de cálcio, diminuindo conforme este aumenta (Jones 1964; EPA, 1972). Isto torna menor o risco que estes elementos possam trazer ao sistema Miranda/Aquidauana no qual predominam águas ricas em cálcio. Além deste fato, os métodos utilizados fornecem os valores de Zn e Cu totais, os quais englobam formas de maior ou menor potencial tóxico. Por outro lado, metais pesados como Zn e Cu tendem a ligar-se, preferencialmente, a tornarem-se irreversivelmente ligados a sítios de enxofre e nitrogênio nas moléculas do sistema biológico, isto é, com forte tendência a se bioacumularem (Atchinson et al., 1987).

Os valores máximos de Mn estiveram em geral abaixo de 0,3 mg/l. Segundo Pádua et al (1982) o manganês raramente é problema em água doce quando comparado com outros metais, apresentando um comportamento semelhante ao ferro por ter sua solubilidade dependente do pH e dos teores de gás carbônico e oxigênio dissolvidos. Os autores adotam o limite de 0,1 mg/l para preservação de peixes e vida aquática em geral nas águas interiores do Estado de São Paulo, embora afirmem não ter sido estabelecido um limite máximo permissível para proteger todos os organismos aquáticos. Brasil (1982b) comenta a ocorrência de manchas manganesíferas em arenitos próximos à cidade de Aquidauana.

A amônia foi detectada em concentrações máximas de 69,0 (rio Abobral) a 385 ug/l (rio Miranda/Miranda); amônia total compreende, no geral, íons amônio (NH_4^+) e amônia não ionizada (NH_3 ou NH_4OH), sendo esta última a de maior toxicidade para a vida aquática. A fração não ionizada aumenta com a elevação do pH e da temperatura, e a sua toxicidade com a diminuição do oxigênio dissolvido (Alabaster & Lloyd, 1982). EPA (1972) recomenda valores de amônia não ionizada sempre abaixo de 0,02 mg/l, similar ao valor de 0,025 mg/l fornecido por Alabaster & Lloyd (1982). Tomando-se como referência a Tabela 4.2 (p.99) fornecida por estes autores, para uma temperatura de 30,0 °C a concentração de amônia total que conteria 0,025 mg/l de amônia não ionizada

é de 1,0 mg/l em pH 7,5 e 0,34 mg/l em pH 8,0, os quais estão um pouco acima dos valores observados para a bacia do rio Miranda. Por outro lado, é importante ressaltar que as águas por serem levemente alcalinas, especialmente no trecho superior e apresentarem temperaturas de até 30,0° C favorecem a formação de amônia não-ionizada. Portanto, deve-se evitar um aumento das concentrações de amônia no sistema Miranda/Aquidauana.

As concentrações de nitrato, prejudiciais aos peixes, estão na ordem de 90 mg/l (Pádua et al., 1982), muito acima do observado neste trabalho. Porém, o nitrato é um bom indicador de eutrofização do sistema e fator limitante ao desenvolvimento das algas (Pádua et al., 1981). Os maiores valores observados ocorreram no rio Santo Antônio (201,9 µg/l) e no rio Aquidauana (166,0 µg/l), locais estes com fontes pontuais de poluição orgânica derivados da atividade agro-industrial (item 2).

Os valores apresentados na Tabela 4 estão, em geral, dentro dos níveis aceitáveis para a classe 2 da Resolução CONAMA N. 20 de 18 de junho de 1986, classificação dada para as águas não enquadradas, conforme artigo 21 da referida resolução, a qual contempla a preservação das comunidades aquáticas. Os baixos valores de oxigênio dissolvido no trecho inferior são interpretados como resultado de um processo natural.

Dentre todas as áreas amostradas na bacia, apenas o trecho inferior do rio Santo Antônio, apresentou evidência de alteração da qualidade natural de suas águas, com sinais de eutrofização evidenciada por baixos teores de oxigênio dissolvido e concentrações mais elevadas de nitrato e nitrogênio-kjedhal. Silva (1990b) relata que a comunidade fitoplanctônica deste rio foi dominada por grupos de Bacillariophyceae, Cyanophyceae e Euglenophyceae, os quais são diferentes dos outros rios da bacia dominados por Euglenophyceae e Bacillariophyceae. Segundo esta autora, isto seria um indicativo do processo de degradação ambiental pelo qual o rio Santo Antônio está passando.

Não há informações disponíveis na literatura para serem comparadas com os resultados obtidos neste trabalho e, desta forma, ter uma avaliação mais segura das alterações pelas quais poderia estar passando o sistema. Assim, os dados fornecidos resultam em um padrão de referencia inicial, contemplando variações temporais e espaciais da qualidade da água na bacia do rio Miranda.

Conclusões

- Através da variação espacial dos dados pode-se diferenciar a bacia do rio Miranda em 6 fácies hidrogeoquímicas: rio Aquidauana (trecho médio-superior), rios Taquaruçu e Nioaque, rio Santo Antônio e rio Miranda à montante da cidade de Guia Lopes da Laguna, rios Formoso e da Prata, rios Vermelho e Abobral.

- A entrada de material alóctone é maior durante o período chuvoso e, principalmente, nas áreas de maior uso do solo para atividades agropastoris.

- Os níveis obtidos para os parâmetros limnológicos analisados são aceitáveis para a classe 2, da Resolução CONAMA N. 20 de 18 de junho de 1986. Apenas o trecho inferior do rio Santo Antônio, apresentou evidência de alteração da qualidade natural de suas águas, com sinais de eutrofização indicada por baixos teores de oxigênio dissolvido e concentrações mais elevadas de nitrato e nitrogênio-kjedhal

Os baixos valores de oxigênio dissolvido no trecho inferior são interpretadas como o resultado de um processo natural.

Referências Bibliográficas

- ADAMOLI, J. A dinâmica da inundação no Pantanal. In: Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal, 1., 1986, Corumbá. Anais... Brasília: EMBRAPA-SDT, 1986, p.51-61. (EMBRAPA-CPAP. **Documentos**, 5).
- ALABASTER, J.S.; LLOYD, R. **Water quality criteria for freshwater fish**. (s.e.): FAO/Butterworth Scient. 1982. 361p.
- ALVARENGA, S.M.; BRASIL, A.E.; PINHEIRO, R.; KUX, H.J.H. Estudos geomorfológicos aplicados à Bacia do Alto Paraguai e Pantanaís Mato-grossenses. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Salvador, 1984. p. 89-187, il. (**Boletim Técnico**. sSérie geomorfologia, 1).
- APHA, AWWA, WPCF. **Standard methods for examination of water and wastewater**. Washington: APHA.1985, 1240p.
- ATCHINSON, G.L.; HENRY, M.G.; SANDHEIRICH, M.B. Effects of metals on fish behavior: a review. **Environmental Biology Fish**, v.18, n.1, p.11-25, 1987.
- BRASIL. Ministério do Interior. Departametro Nacional de Obras de Saneamento. **Estudos Hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai**: Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 1974.v.1.
- BRASIL. Ministério do Interior. **Estudo de desenvolvimetno integrado da Bacia do Alto Paraguai**: Relatório de 1a. fase. Descrição física e recursos naturais. Brasília: MI-SUDECO. 1979. Tomo 2. 249p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SE – 21, s.l., Corumbá. Rio de Janeiro. v.27 (Levantamento de Recursos Naturais). 1982a.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SE – 21, s.l., Corumbá. Rio de Janeiro. v.28 (Levantamento de Recursos Naturais). 1982b.
- CADAVID GARCIA, E.A.; RODRIGUEZ-CASTRO, L.H. Análise da frequência de chuva no Pantanal Mato-Grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.9, p.909-926, set 1986.
- CARVALHO, N. O. Hidrologia da bacia do Alto Paraguai. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL. 1., 1984, Corumbá. **Anais**. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p.43-49. (EMBRAPA-CPAP. **Documentos**, 5)

EMBRAPA/CPAP. Avaliação da contaminação ambiental da bacia Hidrográfica do rio Miranda. Relatório final. FINEP/EMBRAPA. Corumbá, MS. 1990.172p.

EPA-United States. **Environmental Protection Agency. Water Quality Criteria.** Washington. 1972. 408p.

GIBBS, R.J. Mechanisms controlling world water chemistry. **Science**, v. 170, p.1088-1090. 1970.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters IBP Handbook 8.** Oxford: IBP. 2. ed., 1978. 213p.

HAMILTON, S.; LEWIS, W. Causes of seasonality in the Chemistry of a lake on the Orinoco River floodplain. **Limnology Oceanography**, v.32, p.1277-1290, 1987.

HOWELLS, G.D.; BROWN, D.J.A.; SADLER, K. Effects of acidity, calcium and aluminium on fish survival and productivity - a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.34, n.6, p.559-570, 1983.

JOHNSON, N.M; LIKENS, G.E.; BORMANN, F.H.; FISHER, D.W.; RIERCE, R.S. A working model for the variation os stream-water chemistry at the Hubbard Brook Experimetnal Forest, New Hampshire, **Water Resources Research**. v.5, n.6,1353-1363, 1969.

JONES, J.R.E. **Fish and River Pollution.** Butterworths. Londres: Butterwoeths, 1964. 203p.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. **Methods of seawaters analysis.** New York: Verlag Chemie, 1976. p.117-181.

LEWIS, W.M. Jr.; HAMILTON, S.K.; JONES, S.; RUNNELS, D. Major element chemistry, weathering and element yields for the Caura River drainage, Venezuela. **Biogeochemistry**, v.4, p.159-181. 1987.

LEWIS, W.M. Jr.; SANDERS, J.F. III. Concnetration and transport of dissolved and suspended substances in the Orinoco River. **Biogeochemistry**, 7:203-240. 1989.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. Water analysis: some revised methods for limnologist. **Freshwater Biology Association.**, v. 36, p. 1 - 120. 1978.

MARGALEF, R. **Limnología.** Ed. Omega, Barcelona. 1010p. 1983.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. Projeto Estudo Integrado do potencial de Recursos Naturais- solos. Esc. 1:100.000. Campo Grande, MS. FIPLAN/MS-IBGE, 1988.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de planejamento e coordenação geral. Fundação Instituto de Apoio ao Planejamento do Estado. **Macrozeamento Geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, MS, 1989, 242p.

MEAD, R.H.; DUNNE, T.; RICHEY, J.E.; SANTOS, U.M; SALATI, E. Storage and remobilization of suspended sediment in the lower Amazon River of Brasil. **Science**, v. 228, p. 488-490, 1985.

MEYBECK, M. Concentrations des eaux fluviales en éléments majeurs et apports en solution aux océans. **Ver. Géol. Dynam. Géogr. Phys.**, v.21 n.3, p. 215-246. 1979.

MEYBECK, M. Atmospheric inputs and river transport of dissolved substances. Dissolved Loads of Rivers and Surface Water Quality/Quality Relationships. In: Hamburg Symposium, August, 1983. **Proceedings**. IAHS Publ., n. 141, p173-192. 1983.

MEYBECK, M. Variabilité géographique de la composition chimique naturelle des eaux courantes. **Verhandlungen Internationalen Vereinigung Limnologie**, v.22, p.1766-1774, 1984.

MUNGER, J.W.; EISENREICH, S.J. Continental-scale variations in precipitation chemistry. Ion concentrations are dominated by land use and proximity to man-made emissions. **Environmental Science Technology**, v.17, n.1, p. 32-42, 1983.

ORVALLE, R.R.C.; BARROSO, L.V.; DE PAULA, F.C.F.; PERRIN, P., BIDONE, E.D. Caracterização de fácies hidrogeoquímicas e compartimentação das bacias de drenagem do sistema lagunar Maracá-guarapiranga, Rio de Janeiro. **Acta Limnológica Brasiliensia**. v.3, p.887-906. 1990.

PADUA, H.B.; PINA, S.A.E.; BOLDRINI, C.V. Piscicultura e qualidade das águas do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 1982. v.1. 130p.

PENTEADO, M.M. Fundamentos de geomorfologia. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1978. 180p.il. (Biblioteca Geografica Brasileira - Serie D, n.3).

RESENDE, E.K.; FERREIRA, C.J.A.; CALHEIROS, D.F.; NASCIMENTO, F.L. Alterações na qualidade da água durante a mortandade de peixes no rio Paraguai, Pantanal Mato-Grossense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 3, 1990. Porto Alegre. **Resumos**. Porto Alegre: SBL/UFRGS, 1990. p 183.

RAGHAVAN, S.L.; RAHMAN, M.F.; GOVIND, B.V. "Suspensoids" a factor for fish mortality. **Journal Inland Fisheries Society of India**, v.11, n.2, p.111-112, 1979.

SCHAFFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre, RS: UERGS, 1985. 533p.

SILVA, A.G. **Influência da variação do nível d'água sobre a estrutura e funcionamento de uma área alagável do Pantanal Mato-Grossense (Pantanal de Barão de Melgaço, Município de Santo Antonio de Leverger e Barão de Melgaço-MT)**. São Carlos, SP:UFSCar, 1990a. 251p. Tese de doutoramento.

SILVA, A.G. Composição e abundância do fitoplâncton durante as fases de cheia e seca na bacia do rio Miranda, MS. 1990b. 48p. Monografia de Graduação.

SINGH, R.; SHYAMANANDA, R.K. Etiology of mass fish mortality in Rewalsar lake, Himachal Pradesh. **Indian Journal of Ecology**, v.14, n.1, p.140-144, 1987.

STALLARD, R.F; EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon. I. Precipitation chemistry and the marine contribution to the dissolved load at the time of peak discharge. **Journal of Geophysics Resources**, v.86, n. 10, p. 9844-9858, 1981.

VELBEL, M.A. Geochemical mass balances and weathering rates in forested watersheds of the southern blue ridge. **American Journal of Science**, v.285, p.904-930, 1985.

WELCOME, R.L. **River Fisheries**. Roma:FAO, 1985. 330p. (Fisheries Technical Paper, 262).



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Rua 21 de setembro, 1880 - Caixa Postal 109
CEP 79320-900 Corumbá-MS
Telefone: (67)233-2430 Fax (67) 233-1011
<http://www.cpap.embrapa.br>
email: sac@cpap.embrapa.br

**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**
